Una historia de la verdad en Occidente

Ciencia, arte, religión y política en la conformación de la cosmología moderna

MAURICIO NIETO OLARTE

fce

Universidad de los Andes
Colombia

HISTORIA

MAURICIO NIETO OLARTE

Una historia de la verdad en Occidente

Ciencia, arte, religión y política en la conformación de la cosmología moderna

Universidad de los Andes Colombia | Facultad de Ciencias Sociales

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición, agosto del 2019

Nieto Olarte, Mauricio
Una historia de la verdad en Occidente. Ciencia, arte, religión y política en la conformación de la cosmología moderna / Mauricio Nieto. – Bogotá : FCE, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Sociales, 2019
592 p. : ilus. ; 23 × 17 cm – (Colec. Historia)
ISBN 978-958-8249-48-3

1. Historia Universal – Filosofía 2. Eurocentrismo 3. América – Descubrimiento y exploraciones – Españoles 4. Historia Natural – América 5. Historia de la ciencia I. Ser. II. t.

LC E141.N54 Dewey 909 N388h

Distribución mundial

D.R. © 2019, Ediciones Fondo de Cultura Económica S. A. S.
Calle 11 n.° 5-60, Bogotá, Colombia
www.fce.com.co

Fondo de Cultura Económica
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 Ciudad de México
www.fondodeculturaeconomica.com

D.R. © (2019), Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Sociales
Carrera 1.ª n.° 18A-12, bloque G-GB, piso 6, Bogotá, Colombia
Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación
Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964
Reconocimiento personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia. Acreditación institucional de alta calidad, 10 años: Resolución 582 del 9 de enero del 2015, Mineducación

Corrección: Diana López de Mesa
Armada: Luz Jazmine Güechá S.
Diseño de portada: Ignacio Martínez

Imagen de portada: detalles de *La incredulidad de santo Tomás*, de Caravaggio. Tomada de Wiki Commons: https://is.gd/gBl6ZW

ISBN 978-958-8249-48-3
DOI http://dx.doi.org/10.30778/2019.67

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, por ningún medio inventado o por inventarse, sin el permiso previo, por escrito, de la editorial.

Impreso en Colombia • *Printed in Colombia*

Este libro es un regalo para mis hijos, Salomón y Emma.
Siempre he querido compartir con ellos mi fascinación
por la maravillosa historia del conocimiento.
Para eso lo escribí.

SUMARIO

Lista de imágenes 15

Prefacio y agradecimientos 21

Introducción 25

Primera Parte
COSMOS

I *Del mito a la razón: la problemática pregunta por el origen de la filosofía* 35
La tesis de un origen político de la filosofía 36
El problema de la causalidad y la *physis* en el pensamiento presocrático 40
El microcosmos: medicina y filosofía 46
Pitágoras y el orden matemático 49

II *Platón: un cosmos de formas eternas e inmutables* 55
Eudoxo de Cnido y la esfera celeste 67

III *Aristóteles: la naturaleza en movimiento* 75
El problema del conocimiento 76
La *Física* de Aristóteles y la idea de cambio 80
El cosmos de Aristóteles 89
Historia natural 90

IV *Helenismo: el cosmos griego después de Platón y Aristóteles* 95
Atenas 95
Epicuro 96
Estoicismo 98
Alejandría 99
Euclides (ca. 300 a. C.) 101
Arquímedes (287-212 a. C.) 102
Eratóstenes (276-194 a. C.) 105

Aristarco de Samos (310-230 a. C.) 106
Claudio Ptolomeo (100-170) 108

V *Roma* 121
Plinio Segundo: "Todo el mundo natural en una sola obra" 122
Enciclopedias, bestiarios y herbolarios 129
Galeno (129-216) 131

Segunda Parte
UN SOLO DIOS, UNA ÚNICA VERDAD

VI *Razón y fé* 137
La Edad Media 137
El origen del cristianismo 139
Platón al servicio de Cristo: Agustín de Hipona 144
La palabra y la obra de Dios: las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla 151
Los monasterios 153
"Que Dios existe verdaderamente": san Anselmo 157
Las universidades 160
Aristóteles se hace cristiano: Tomás de Aquino 165
Guillermo de Ockham y los límites de la razón 173

VII *Teología y filosofía natural* 175
Los errores de Aristóteles 175
La Tierra inmóvil 181
Cuantificación y representación matemática del movimiento 183
La ley de Merton o el teorema de la velocidad media 189

VIII *El islam y la ciencia en el medio oriente* 191
El islam en la historia de Occidente 191
Matemáticas 196
Astronomía 198
Instrumentos de observación y la búsqueda de precisión 202
Medicina 204

Tercera Parte

LA CAÍDA DEL HOMBRE NATURAL

IX *La magia del Renacimiento: una nueva relación del hombre con el cosmos* 211
El Renacimiento y la "revolución científica" 211
Magia y tradición hermética: el control humano de la naturaleza 219
Alquimia y medicina: el caso de Paracelso 231

X *Un nuevo mundo al otro lado del mar* 235
La conquista del mar 242
Sevilla y el reto del control a distancia 244
El arte de navegar 247
La pintura del mundo entero 253
Juan de la Cosa, 1500 255
Cosmographiae introductio y el planisferio de Waldseemüller, 1507 256
La *Carta universal* de Diego Ribero, 1520 261
Los atlas modernos 262

XI *Un nuevo mundo de gentes, animales y plantas* 267
Europa y los saberes de otros 274
Ciencia imperial y los inicios de una ciencia global 278
Topos y utopías del Renacimiento 282

XII *Arte y verdad* 289
La perspectiva y el lenguaje divino de la geometría y las matemáticas 298
Tommaso Cassai Masaccio 299
Filippo Brunelleschi 302
Leon Battista Alberti 305
Leonardo da Vinci 312
Naturalismo y realismo: el arte como espejo de la naturaleza 324
Jan van Eyck 326
Alberto Durero 333
La naturaleza en el arte 340
Naturaleza muerta 340
Arte e historia natural 346
Mapas, arte y ciencia 356

Óptica: la ciencia y el arte de ver ... 358
Vermeer y Leeuwenhoek ... 364
La imprenta ... 372

XIII *El microcosmos: el cuerpo humano y la medicina del Renacimiento* ... 383
Andreas Vesalio ... 385
William Harvey ... 391

XIV *"Y en el medio de todo permanece el Sol"* ... 399
Nicolás Copérnico ... 400
Copérnico y la estética ... 402
Johannes Kepler ... 405

XV *Una nueva física para una nueva cosmología: Galileo Galilei* ... 417
Estética y platonismo en la ciencia de Galileo ... 420
El problema del movimiento ... 422
Inercia ... 426
Los diálogos galileanos ... 428
Observaciones telescópicas ... 429
El juicio de Galileo ... 434

XVI *Empirismo: Gilbert, Bacon y Boyle* ... 441
William Gilbert ... 441
Francis Bacon ... 443
Engrandecimiento del imperio humano ... 448
Las sociedades científicas del siglo XVII y la tradición experimental ... 451
Robert Boyle y el poder del experimento científico ... 458

XVII *Racionalismo y filosofía mecánica: René Descartes* ... 467
Las bases de la filosofía cartesiana ... 468
La filosofía mecánica ... 475

XVIII *Isaac Newton, "Sobre hombros de gigantes"* ... 483
Los *Principia* de Newton ... 488
Óptica ... 492
Armonía ... 495
Magia: fuerzas ocultas y materia ... 497
Dios ... 500

Cuarta Parte

LA ILUSTRACIÓN Y EL SUEÑO EUROPEO DE UNA HEGEMONÍA GLOBAL

XIX *La Ilustración y el problema del conocimiento* 505
La edad de la razón 505
Ciencia newtoniana 508
Verdad sin Dios 509
Empirismo inglés y las bases de una ciencia humana 510
El desafío de la filosofía mecánica 513
Sapere aude, Immanuel Kant 515

XX *Exploración y apropiación europea del mundo* 519
Medir la Tierra para controlar el mundo 520
Historia natural europea y la apropiación de un nuevo mundo 521
Museos y jardines: centros de acopio y estancos del conocimiento 523
Carlos Linneo y el orden de la naturaleza 525
La Enciclopedia 529

XXI *Cosmopolítica y eurocentrismo* 535
Europa y sus otros 535
La superioridad europea: Buffon y Hegel 540
Cosmos: Alexander von Humboldt y la idea de orden global 545
Positivismo y eurocentrismo 549

Reflexiones finales 553

Cronología 561

Bibliografía 569

Índice analítico 579

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN I.1. *Pitágoras y la armonía musical*, Theorica musicae, 1492..... 50
IMAGEN I.2. *Sistema pitagórico de diez esferas concéntricas* 51
IMAGEN II.1. *El mito de la caverna de Platón* 57
IMAGEN II.2. *Los cinco sólidos regulares* 62
IMAGEN II.3. *El cosmos de Platón* 63
IMAGEN II.4. *La esfera celeste de la tradición platónica* 67
IMAGEN II.5. *Modelo de Eudoxo de Cnido* 68
IMAGEN II.6. Hipopede 69
IMAGEN II.7. *Orión y la Osa Mayor* 70
IMAGEN II.8. *Cruz del Sur y diversas interpretaciones* 71
IMAGEN III.1. *Los cuatro elementos según Aristóteles* 81
IMAGEN III.2. *Movimiento natural de los elementos aristotélicos* 84
IMAGEN III.3. *Dirección del movimiento de los cuerpos mixtos* 85
IMAGEN III.4. *El problema del movimiento violento* 86
IMAGEN III.5. *El cosmos y los elementos* 89
MAPA IV.1. *Extensión del imperio de Alejandro Magno* 96
IMAGEN IV.1. *Principio de Arquímedes* 103
IMAGEN IV.2. *La palanca* 104
IMAGEN IV.3. *Método de Eratóstenes para medir la circunferencia de la Tierra* 105
IMAGEN IV.4. *Paralaje estelar* 107
IMAGEN IV.5. *Órbitas planetarias en epiciclos* 111
IMAGEN IV.6. *Órbitas planetarias excéntricas* 112
IMAGEN IV.7. *Movimiento retrógrado de un planeta* 113
IMAGEN IV.8. *Proyección cónica* 116
IMAGEN IV.9. *Mapamundi de 1478* 117
IMAGEN V.1. *Alejandro se encuentra con los blemios, John Talbot, 1445* 124
IMAGEN V.2. *Basilisco, ilustración del* Bestiario de Aberdeen, *realizada en Inglaterra en el siglo XII* 130
IMAGEN VI.1. San Jerónimo en su estudio, *Jan van Eyck, 1442* 150
IMAGEN VI.2. Mapa orbis terrarum, *Günther Zainer, ilustración de* Etimologías de Isidoro de Sevilla, *1472* 153
IMAGEN VI.3. El triunfo de santo Tomás de Aquino, *Benozzo Gozzoli, 1471* 166
IMAGEN VII.1. *Experimentos mentales con objetos en caída libre* 179
IMAGEN VII.2. *Magnitud en una línea recta* 186

IMAGEN VII.3. *Intensidad de una cualidad, calor y temperatura* 186
IMAGEN VII.4. *Representación de la intensidad de una cualidad* 187
IMAGEN VII.5. *Intensidad del movimiento* 188
IMAGEN VII.6. *Distintos tipos de movimiento* 188
IMAGEN VII.7. *Ley de Merton* 189
IMAGEN VIII.1. *Astrolabio portátil de origen árabe* 203
IMAGEN VIII.2. *Teoría de la visión de Alhacén* 207
IMAGEN IX.1. *Frontispicio de* Nova reperta, *Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, 1600* 212
IMAGEN IX.2. Utriusque cosmi, maioris scilicet et minoris, metaphysica, physica, atque technica historia, *Robert Fludd, 1617* 230
IMAGEN X.1. Instauratio magna, *Brancis Bacon, Londres, 1620* 236
IMAGEN X.2. *"América descubierta", Jan Galle, inspirado en la obra de Johannes Stradanus, plancha n.º 1 de* Nova reperta, *1600* 238
IMAGEN X.3. *Sevilla, Rombout van den Hoeye, vista de Sevilla, 1650-1670* 245
IMAGEN X.4. *"Regimiento de navegación" (libro segundo), Pedro de Medina,* De la altura del Sol, *1563* 250
IMAGEN X.5. *"Regimiento de navegación" (libro tercero), Pedro de Medina,* De la altura del Norte, *1563* 251
IMAGEN X.6. *Demostración de la aguja de marear, Juan Escalante de Mendoza,* Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales, *1575* 251
IMAGEN X.7. *"La demostración que se sigue de la postura que debe tener el marinero cuando navegando por el mar quiere saber la altura del Sol", Juan Escalante de Mendoza,* Itinerario de navegación, *1575* 252
IMAGEN X.8. Mapamundi, *Juan de la Cosa, 1500* 254
IMAGEN X.9. Universalis cosmographia secundum Ptholomaei traditionem et Americi Vespucii aliorumque lustrationes, *Martin Waldseemüller, 1507* 257
IMAGEN X.10. Carta universal, *Diego Ribero, 1520* 260
IMAGEN X.11. *Cubierta de* Theatrum orbis terrarum, *Abraham Ortelius, 1606* 263
IMAGEN X.12. Nova et accuratissima terrarum orbis tabula, *Joan Blaeu, 1664* 265
IMAGEN XI.1. *Piña, Gonzalo Fernández de Oviedo,* Historia general y natural de las Indias, *1546* 271
IMAGEN XI.2. *Cubierta de* Regimiento de navegación, *Andrés García Céspedes, 1606,* 281
IMAGEN XII.1. *"Dios mide el universo con un compás",* Bible Moralisée, *siglo XIII* 297

IMAGEN XII.2. Sagrada Trinidad, con la Virgen, san Juan y donantes, *Masaccio, 1425* 300
IMAGEN XII.3. La anunciación, *Fra Angélico, 1430-1432* 301
IMAGEN XII.4. La Virgen y el Niño con santos, *Piero della Fracesca, 1472* 301
IMAGEN XII.5. Festín de Herodes, *Donatello, 1427* 302
IMAGEN XII.6. *Iglesia de san Lorenzo, Filippo Brunelleschi, 1422-1446* 304
IMAGEN XII.7. *Basílica del Santo Espíritu, Filippo Brunelleschi, 1444* 305
IMAGEN XII.8. *Principio de perspectiva* 308
IMAGEN XII.9. La flagelación, *Piero della Francesca, 1448-1449* 310
IMAGEN XII.10. *Basílica de san Pedro, Donato Bramante, Miguel Ángel y Bernini, 1506-1626* 311
IMAGEN XII.11. Hombre de Vitruvio, *Leonardo da Vinci, 1485-1490* 315
IMAGEN XII.12. De divina proportione, *Luca Pacioli, ilustrado por Leonardo da Vinci, 1509* 316
IMAGEN XII.13. La última cena, *Leonardo da Vinci, 1495-1498* 318
IMAGEN XII.14. *Composición geométrica de* La última cena 318
IMAGEN XII.15. La anunciación, *Leonardo da Vinci, 1472* 319
IMAGEN XII.16. Estudios anatómicos, *Leonardo da Vinci, 1510* 320
IMAGEN XII.17. Estudio sobre la estrella de Belén, *Leonardo da Vinci, 1505-1507* 321
IMAGEN XII.18. Códice sobre el vuelo de los pájaros, *Leonardo da Vinci, 1505* 321
IMAGEN XII.19. La Virgen de las Rocas, *Leonardo da Vinci, 1483* 323
IMAGEN XII.20. *Máquina voladora, Leonardo da Vinci, ca. 1487* 324
IMAGEN XII.21. El hombre con el turbante rojo, *Jan van Eyck, 1433* 327
IMAGEN XII.22. El matrimonio de Arnolfini, *Jan van Eyck, 1434* 328
IMAGEN XII.23. *"Pintura al óleo", Jan Galle inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 14 de* Nova reperta, *1600* 332
IMAGEN XII.24. Melancolía I, *Alberto Durero, 1514* 334
IMÁGENES XII.25. y XII.26. *La proporción humana, Alberto Durero,* Cuatro libros de la proporción humana, *1528* 335
IMAGEN XII.27. Adán y Eva, *Alberto Durero, 1507* 336
IMAGEN XII.28. Artista y mujer desnuda, *Alberto Durero, 1525* 336
IMAGEN XII.29. San Jerónimo en su estudio, *Alberto Durero, 1514* 337
IMAGEN XII.30. Ala de una carraca, *Alberto Durero, 1512* 337
IMAGEN XII.31. Gran hierba, *Alberto Durero, 1503* 338
IMAGEN XII.32. Rinoceronte, *Alberto Durero, 1515* 339
IMAGEN XII.33. Coretto, *Giotto di Bondone, 1305* 341
IMAGEN XII.34. Perdiz, guantes de hierro y flecha de ballesta, *Jacopo de'Barbari, 1504* 341

IMAGEN XII.35. Naturaleza muerta con flores y cortina, *Adrian van der Spelt, 1658* 343
IMAGEN XII.36. Reverso de un cuadro, *Cornelis Norbertus Gijsbrechts, 1670* 344
IMAGEN XII.37. Vendedora de fruta, *Vincenzo Campi, 1580* 344
IMAGEN XII.38. Alegoría de la vanidad de la vida, *Antonio de Pereda, 1640* 345
IMAGEN XII.39. Ramo de flores, *Jan Brueghel el Viejo, 1599-1607* 346
IMAGEN XII.40. Florero con lirios blancos, *Luger tom Ring, el Joven, 1562* 347
IMAGEN XII.41. Museum wormianum sue historia rerum rariorum, *Olaus Worm, 1655* 349
IMAGEN XII.42. *"Papaver er"*, *Leonhart Fuchs*, De historia stirpium commentarii insignes, *1542* 350
IMAGEN XII.43. *"Pictores operis"*, *Leonhart Fuchs*, De historia stirpium commentarii insignes, *1542* 350
IMAGEN XII.44. *Piña con insectos, María Sibylla Merian, 1719* 354
IMAGEN XII.45. *Caimán y serpiente, María Sibylla Merian, 1719* 354
IMAGEN XII.46. Twee papegaaien in een landschap, *Adrian Collaert, 1598-1602* 355
IMAGEN XII.47. America, *Adrian Collaert, 1588-1589* 355
IMAGEN XII.48. Praefecturae de Pariba, et Rio Grande, *Gaspar Barleus y Joan Blaeu, 1662* 357
IMAGEN XII.49. América, *Jan van Kessel el Viejo, 1666* 359
IMAGEN XII.50. Underweysung der Messung, *Alberto Durero, 1525* 362
IMAGEN XII.51. *Ballestilla* 363
IMAGEN XII.52. *Cámara oscura* 365
IMAGEN XII.53. *Trozos de corcho, Robert Hooke*, Micrographia, *1664* 367
IMAGEN XII.54. *Pulga, Robert Hooke*, Micrographia, *1664* 367
IMAGEN XII.55. Gezicht de Delft *(Vista de Delft)*, *Johannes Vermeer, 1660* 370
IMAGEN XII.56. El geógrafo, *Johannes Vermeer, 1668-1669* 371
IMAGEN XII.57. El astrónomo, *Johannes Vermeer, 1668* 371
IMAGEN XII.58. El soldado y la muchacha sonriendo, *Johannes Vermeer, 1658* 372
IMAGEN XII.59. *"La invención de la imprenta"*, *Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 4 de* Nova reperta, *1600* 373
IMAGEN XII.60. *"La invención del grabado en cobre"*, *Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 19 de* Nova reperta, *1600* 373
IMAGEN XII.61. Nave de los locos, *Sebastian Brant, 1494* 379

IMAGEN XIII.1. *Vista frontal: los músculos del cuerpo humano, Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica, *1543* 386
IMAGEN XIII.2. *La estructura del cuerpo humano, Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica, *1543* 387
IMAGEN XIII.3. *Portada de* De humani corporis fabrica, *Andreas Vesalio, 1543* 389
IMAGEN XIII.4. *Autorretrato, Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica, *1543* 390
IMAGEN XIII.5. La lección de anatomía del profesor Tulp, *Rembrandt, 1632* 391
IMAGEN XIII.6. Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, *William Harvey, 1628* 392
IMAGEN XIII.7. *La circulación de la sangre según William Harvey* 395
IMAGEN XIV.1. *Descripción de los orbes celestiales,* A Perfit Description of the Celestial Orbes, *Thomas Digges, 1576* 401
IMAGEN XIV.2. Harmonia macrocosmica, *Andreas Cellarius, 1661* 405
IMAGEN XIV.3. *Sistema solar según Tycho Brahe* 406
IMAGEN XIV.4. Mysterium cosmographicum, *Johannes Kepler, 1596* 408
IMAGEN XIV.5. La pratica di prospectiva, *Lorenzo Sirigatti, 1596* 408
IMAGEN XIV.6. *Sistemas geocéntrico y heliocéntrico* 410
IMAGEN XIV.7. *Leyes de Kepler* 412
IMAGEN XIV.8. *Plaza de San Pedro, Gian Lorenzo Bernini, 1656-1667* 413
IMAGEN XV.1. *La ley de Merton y el método de Galileo* 424
IMAGEN XV.2. *Experimentos de Galileo con el plano inclinado* 426
IMAGEN XV.3. Sidereus nuncius, *Galileo Galilei, 1610* 430
IMAGEN XV.4. *Las fases de Venus desde la Tierra* 431
IMAGEN XV.5. *Lunas de Júpiter* 432
IMAGEN XV.6. *Manchas solares,* Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari, *Galileo Galilei, 1613* 433
IMAGEN XV.7. *Portada de* Sidereus nuncius, *Galileo Galilei, 1610* 434
IMAGEN XVI.1. De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure, *William Gilbert, 1600* 443
IMAGEN XVI.2. *Portada de* Historia de la Real Sociedad, *Thomas Sprat, 1667* 454
IMAGEN XVI.3. *Campana de vacío, Robert Boyle,* Nuevos experimentos físico-mecánicos, *1660* 464
IMAGEN XVII.1. *El árbol del conocimiento* 470
IMAGEN XVII.2. *Reloj astronómico de la catedral de Estrasburgo, siglo XVI* 477
IMAGEN XVII.3. *Cosmología cartesiana,* Traité de l'opinion u mémoires pour servir a l'histoire de l'esprit humain, *René Descartes, 1733* 478

IMAGEN XVII.4. *Los efectos magnéticos,* Principia philosophiae, *René Descartes, 1644* 480
IMAGEN XVII.5. *"La dioptrique",* Discurso del método, *René Descartes, 1637* 481
IMAGEN XVII.6. *Los sentidos,* Tratado del hombre, *René Descartes, 1648* 482
IMAGEN XVIII.1. *Grabado en la tumba de Isaac Newton, J. Fittler, 1794* 484
IMAGEN XVIII.2. *Portada de* Principios matemáticos de filosofía natural, *Isaac Newton, 1686* 489
IMAGEN XVIII.3. *Área bajo una curva y tangente* 491
IMAGEN XVIII.4. *Telescopio de reflexión, Isaac Newton, 1672* 493
IMAGEN XVIII.5. *Experimento crucial, Isaac Newton, 1672* 494
IMAGEN XVIII.6. *Los siete colores básicos* 494
IMAGEN XVIII.7. *Monocorde cósmico, Robert Fludd,* Historia del macrocosmos y el microcosmos, *1617* 496
IMAGEN XX.1. Systema naturae, *Carlos Linneo, 1748* 527
IMAGEN XX.2. *"La Academia de Ciencias, Artes y Oficios", frontispicio de la* Encyclopédie, *Diderot y D'Alambert* 532
IMAGEN XXI.1. *Plano del barco de esclavos* Brookes *de Liverpool, 1789* 538
IMAGEN XXI.2. *Frontispicio del* Atlas géographique et physique du Nouveau Continent, *Barthélemy Roger, inspirado en François Gérard, 1817* 548

PREFACIO Y AGRADECIMIENTOS

Más que un tratado para especialistas en historia de la ciencia, quise escribir un libro para un público amplio. En primer lugar, mi intención es ofrecer a los estudiantes universitarios de ciencias naturales, ingenierías, ciencias sociales o artes y humanidades un texto que les sea útil para acercarse a la maravillosa historia del conocimiento en Occidente y que, al mismo tiempo, les permita pensar de manera crítica sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el mundo moderno. Este es sin duda uno de los objetivos del libro.

Espero que este trabajo también pueda ser de utilidad para profesores de ciencias o de artes y maestros de secundaria interesados en ampliar sus miradas sobre la forma en que enseñan tanto las ciencias naturales como las humanidades. No menos importante será motivo de gran satisfacción capturar el interés de un público general interesado en la historia del conocimiento y de la cultura moderna. No es fácil competir con la inmediatez del mundo digital, pero acercarse a estos temas merece algo más de paciencia y cuidado de los que permite la avalancha de información que ofrecen las redes digitales en la actualidad. Debo confesar que he trabajado con la esperanza de que mis hijos, y los hijos de muchos otros, hoy fascinados con la velocidad de la información digital, tengan la calma y la curiosidad suficientes para dejarse seducir por viejas y grandes preguntas de la filosofía, de la religión, del arte y de la ciencia en Occidente.

La historia de la ciencia ha sido, y seguirá siendo, el objeto de una amplia literatura, la mayoría de la cual se produce y publica en inglés. Los historiadores de la ciencia que escribimos en español nos ocupamos de temas ibéricos o americanos y rara vez sobre el gran problema de la ciencia en Occidente. Contamos con algunas pocas traducciones de muy buenos textos de historia de la ciencia moderna, pero la literatura sobre estos temas y sus recientes debates sigue siendo limitada en castellano. Espero que este libro contribuya a reducir parte de ese vacío.

Para hacer la lectura más ágil he traducido al castellano todas las citas de libros en otros idiomas, para los nombres de las ciudades he usado la versión castellana y para los nombres propios de personas he querido respetar su idioma original o la forma más familiar en la cual aparecen en la literatura.

Por casi veinte años y de manera continua he dictado cursos y seminarios sobre historia de la ciencia. Con el tiempo, he visto la necesidad de ampliar los horizontes clásicos del campo y cada vez le dedico más horas de clase a temas como la religión y el arte. Todo esto en un contexto en el cual la

ciencia y la política, el conocimiento y el poder son inseparables. Los temas clásicos y los personajes de la historia de la ciencia siguen siendo protagónicos, pero cada vez más articulados con los intereses religiosos, estéticos y políticos de su tiempo. Esto podría explicar la elección de *historia de la verdad* en lugar de *historia de la ciencia* o *del conocimiento* para el título. La pregunta por la historia de la verdad puede ser más difícil, tal vez pretenciosa, pero más libre y entretenida.

Este siempre fue un proyecto de escribir un libro que pudiera recopilar y sintetizar las ideas de muchos, útil para enseñar y organizar mis clases, sin mayores ambiciones de novedad, sin aspiraciones de cerrar grandes debates epistemológicos. Pero la historia del conocimiento y de las artes modernas, desde cualquier perspectiva que se quiera abordar, es un tema espinoso y no es posible darles la espalda a las dificultades que implica hacerle frente. La literatura sobre este tema es muy amplia y para mí es imposible dar cuenta de los pormenores de todos los debates que la pregunta por la naturaleza de la verdad ha suscitado. Este es, entonces, un intento más, pero inevitablemente particular, y la introducción es un esfuerzo de explicar en qué sentido.

La idea de hacer este libro, o algo parecido, tiene más de diez años y la lista de reconocimientos y agradecimientos puede ser interminable. Para empezar, por ser un proyecto en estrecha relación con la docencia, es obvia mi deuda con la Universidad de los Andes, la Facultad de Ciencias Sociales, el Departamento de Historia y los centenares de estudiantes con quienes he compartido estos temas. Por el lado institucional, he tenido la libertad de enseñar siempre lo que he querido y he contado con el apoyo y el tiempo para escribir sobre lo que me interesa. En el salón de clase nunca faltan las opiniones, comentarios y preguntas oportunas, difíciles, impertinentes, ingenuas, complejas, predecibles, profundas, incomprensibles, cómicas, incorrectas o sorprendentes, y creo que es allí donde buena parte de este libro ha tomado forma.

Un trabajo de síntesis como este adquiere innumerables deudas y son muchos los autores que me han inspirado con sus ideas. Espero que las notas a pie de página y la bibliografía hagan justo reconocimiento a sus contribuciones.

En las universidades de Londres y Cambridge tuve el privilegio de tener maestros que marcaron mi gusto y la forma de pensar estos temas; después de muchos años, aún recuerdo escucharlos y leerlos con fascinación. Pyo Rattansi, Roy Porter, Robert Iliffe, Simon Shaffer y James Secord: no hay duda de que sus lecciones están por todas partes en este libro. Una deuda mayor, y directa sobre el contenido del libro, la tengo con los lectores anónimos cuyas críticas y sugerencias me permitieron hacer ajustes importantes.

En la escritura del libro he tenido apoyos importantes de estudiantes de la Universidad de los Andes: Ann Spanger, como joven investigadora de Colciencias, fue un apoyo clave en las primeras etapas; Christian Robles, como

asistente graduado, me ayudó con la sistematización de fuentes, la redacción de anexos biográficos y la elaboración de la cronología; Antonia Hollmann, como monitora, fue un apoyo invaluable en la búsqueda y organización de las imágenes. Un especial agradecimiento a Nicolás Vizcaíno, por su cuidadosa elaboración de los dibujos que acompañan el texto, y a mi amigo Rafael Bautista, por haber leído y comentado una primera versión del manuscrito.

Los editores de la Universidad de los Andes y del Fondo de Cultura Económica, al igual que sus equipos, hicieron una tarea definitiva para mejorar la escritura del texto. De manera especial le agradezco a Julio Paredes, por su tiempo y paciencia en la fase de edición de este libro.

INTRODUCCIÓN

La tesis central de este libro es muy simple: la verdad tiene historia[1]. Esta premisa fundamental, para algunos podría carecer de sentido y merece algunas aclaraciones. La verdad, se puede argumentar, es única y universal, y por ende, no es susceptible de cambio. La idea de verdad nos invita a pensar en lo eterno e inmutable, en algo inamovible que subyace a las apariencias. Para las tradiciones filosóficas clásicas griegas, en particular el platonismo, que sirvió de sustento filosófico de las grandes religiones monoteístas como el cristianismo, el judaísmo o el islam, la verdad tiene un único origen, es eterna y singular y, por lo mismo, no tiene historia. Siendo así, una historia de la verdad, al igual que una sociología, una antropología o una geografía de la verdad harían de esta algo contingente y circunstancial, y en ese sentido cualquier forma de explicación social de la verdad podría parecer chocante y sin razón de ser. La explicación histórica de la verdad se limitaría a recordar aquellos personajes, lugares y momentos en los cuales la humanidad ha triunfado sobre el engaño, la superstición, la imaginación o la mera creencia, y ha encontrado o se ha acercado a la verdad. Así, no existirían causas o explicaciones históricas que den cuenta de la verdad o de la razón, solamente, eso sí, explicaciones sociales de los errores o de las creencias. Nuestra intención es otra, va más allá de mostrar los errores del pasado.

Tampoco se trata de una historia del concepto de *verdad*, la etimología y el uso de términos como el griego *alétheia* (aquello que no está oculto) o la noción latina de *veritas* y sus variados sentidos pueden ser útiles, pero no suficientes para el propósito de este libro. Más que una historia de las ideas, nuestro objeto de estudio es el conocimiento considerado legítimo y sus reglas de juego, los momentos y lugares en los que se lograron imponer como válidas diversas formas de entender el mundo en la historia de Occidente.

El hecho de que el conocimiento o la verdad sean históricas, incluso la defensa de su carácter social o cultural, no debe llevarnos a la apresurada

[1] Sobra decir que la idea no es mía, pero una explicación sobre los orígenes y avatares de una historia social del conocimiento supondría otro libro. Pensadores de la talla de Karl Marx, Friedrich Nietzsche y Michel Foucault; sociólogos como Max Weber, Karl Mannheim, Émile Durkheim, Peter Berger y Thomas Luckman; antropólogos como Claude Levi Strauss; filósofos como Jürgen Habermas, y, más cerca a este trabajo, sociólogos del conocimiento, desde Robert Merton a Bruno Latour; además de una larga lista de historiadores de la ciencia, como Ludwik Fleck, Alexander Koyré, Thomas Kuhn, Paolo Rossi, Steven Shapin y muchos otros que aparecen en las notas al pie y en la bibliografía de este libro de una u otra manera comparten y han defendido la idea de que la verdad tiene historia.

conclusión de que la verdad no existe. Ofrecer una explicación histórica de la verdad no le resta realidad. Por el contrario, la historia hace posible una aproximación más realista y más entretenida del problema del conocimiento.

Lejos de los propósitos de este libro está la idea de ser jueces del pasado para decir quiénes tuvieron razón o no; mucho menos atacar la ciencia, la religión o el arte con argumentos relativistas. La muy repetida expresión de Paul Feyerabend: "todo vale"[2] o la idea de que no hay una verdad y, por lo mismo, no existe diferencia entre una u otra forma de explicar la realidad no tiene mayor sentido en este libro. Nos interesa lo opuesto; es decir, reconocer las enormes diferencias que suponen las diversas formas de pensar y actuar sobre el mundo.

El relativismo en filosofía de la ciencia pudo haber dejado lecciones importantes. Sin posibilidad de vuelta atrás, hemos perdido el candor y la confianza en una ciencia ahistórica, neutral y universal, en un único método científico infalible. El relativismo, o mejor, la capacidad de pensar de manera crítica sobre nuestras propias creencias, puede cumplir la función de un oportuno antídoto tanto contra la ingenuidad como contra la arrogancia, y nos ayuda a ser más tolerantes con los puntos de vista de otros. El simple relativismo, no obstante, es una respuesta demasiado fácil a un problema mayor. Posiciones relativistas, además, resultan contrarias a la idea de progreso, y si bien no podemos defender un progreso en términos absolutos, de alcanzar una única y última verdad, resulta innegable que las habilidades humanas y el conocimiento son acumulativos. Tal vez sabemos más que antes, pero es imposible ponderar la cantidad de conocimientos perdidos o silenciados como consecuencia del triunfo de la cultura occidental, y en el terreno de la moral no es tan fácil apreciar grandes avances en la historia humana. No obstante, es innegable que hoy tenemos una tecnología mucho más poderosa y que sabemos más cosas que nuestros antepasados.

Hacer historia de la ciencia, de la filosofía o del arte no supone darle la espalda al gran problema del conocimiento, y los estudios sociales de la ciencia no son sus enemigos. De hecho, estos forman parte importante de su devenir y conservan el espíritu crítico y reflexivo que debe tener la ciencia misma. Ciertamente, tampoco son un aplauso irreflexivo de todas las consecuencias de la ciencia y la tecnología, ni quieren ocultar la estrecha relación entre conocimiento y poder, pero sí pueden ser una celebración de la maravillosa historia del cometido humano por entender el mundo y dominar la naturaleza.

¿Cómo es posible proclamar la posesión de una manera única y universal de entender la naturaleza o la sociedad?, ¿cómo un individuo, o grupo social en particular, declara el derecho de ser la voz de todos?, ¿cómo es posible que lo que una vez fue verdad se convierta en una mera creencia o en

[2] Paul Feyerabend, *Tratado contra el método* (Madrid: Tecnos, 1986), 290.

un error?, ¿cómo las creencias de algunos se defienden como verdades de todos? Estas son las preguntas en realidad interesantes que tratamos de enfrentar a lo largo de todo el libro.

La mayor parte de este texto bien puede pertenecer al campo de la historia de la ciencia, lo cual, también, merece un comentario. La trillada idea de una historia del "nacimiento de la ciencia moderna", que se suele identificar con personajes, eventos e ideas que aparecieron en los siglos XVI y XVII, es de hecho una expresión anacrónica. El término ciencia, tal y como lo entendemos hoy, coincide más con una concepción del siglo XIX, y la categoría no corresponde a ninguna actividad específica o reconocible en la antigua Grecia, en la Europa medieval o en la temprana modernidad[3].

Las nociones griegas de *filosofía* (amor a la sabiduría), *logos* (discurso), *episteme* (conocimiento), *teoría* (contemplación o especulación) o *techne* (habilidad) tendrán a lo largo de estas páginas diferentes usos y sentidos variados en contextos específicos, aunque ninguno se puede homologar con nuestra idea de conocimiento científico[4]. La expresión *scientia*, del latín medieval, se refería a cualquier cuerpo de conocimiento riguroso que pudiera ser presentado en forma de silogismos y que llevara a hacer demostraciones a partir de premisas incuestionables[5]. La teología no solo formaba parte de la *scientia*, sino que se concebía como la reina de todas las ciencias, ya que sus premisas se quisieron defender como las más elevadas y verdaderas. Pero la noción de *scientia* no parecía incluir disciplinas empíricas como la historia natural, la medicina práctica o la alquimia, que para muchos carecían de la importancia, el rigor y la certeza de la teología. La expresión *filosofía natural* se acerca más a las investigaciones empíricas sobre el mundo natural, sin embargo, tampoco es posible identificar nuestra noción de ciencia —en caso de que tengamos una sola y clara definición— con la filosofía natural de la Edad Media o la modernidad europea.

De esta manera, reconstruir una vez más la historia de la *ciencia moderna* es un cometido destinado al fracaso, marcado por un evidente anacronismo. La historia que aquí se presenta no puede tener como objeto único un concepto tan problemático y cambiante como es el de *ciencia*. De modo que aquí vamos a tomar cierta distancia con una larga tradición historiográfica preocupada por narrar el origen de la ciencia moderna como un evento puntual. Tanto el supuesto de que una humanidad más racional o un método científico infalible surgieron de forma repentina en algún lugar de la Grecia antigua o de la Europa occidental del siglo XVII, como la historia de una "revolución científica" que dio nacimiento a la ciencia moderna creada únicamente en

[3] Katharine Park y Lorraine Daston, Introducción a *The Cambridge History of Science* 3: *Early Modern Science* (Nueva York: Cambridge University Press, 2006), 2-3.

[4] Geoffrey Lloyd, Prefacio a *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (Londres y Nueva York: W. W. Norton & Company, 1970).

[5] Park y Daston, *The Cambridge History*, 3.

Occidente, y la creencia de que esta fue difundida en otros lugares sin mayores modificaciones son hoy, todas, tesis poco confiables.

No es el propósito, y tampoco es necesario, volver a los detalles de los debates epistemológicos de la segunda mitad del siglo XX para justificar la concepción de conocimiento que aquí se reconoce[6]. Me limito, más bien, a expresar dos ideas, evidentes y difíciles de cuestionar: primero, que el conocimiento es un producto humano que se desarrolla en lugares y momentos específicos, y segundo, que el conocimiento es comunicación, por ende, no existe ninguna forma de conocimiento privado, sin un público que lo reconozca como tal. Estas dos afirmaciones, casi obvias, nos obligan a enfrentar la gran pregunta sobre el problema de la verdad en marcos de referencia históricos, como un producto social y culturalmente determinado. La justificación de esta forma de entender la historia de la ciencia puede ser motivada por los recientes aportes de la sociología y la historia social del conocimiento, pero sobre todo por un esfuerzo por respetar las nociones propias de las épocas y los lugares que vamos a estudiar.

Entre los siglos XVI y XVII, periodo en el cual ocurren los eventos centrales de este libro, se dieron cambios notables, pero no existía una ciencia autónoma que pudiera diferenciarse de otras prácticas culturales. Esta es entonces una historia de las ciencias, pero también una historia política, una historia del arte, de la religión; como resultado tendremos la historia de algo distinto, que no se agota en ninguna de estas categorías y, más bien, la interacción entre estos en apariencia distintos niveles nos permitirá entender mejor aspectos centrales de la fascinante cultura que le dio forma al mundo moderno.

Por último, la centralidad de Europa en este libro es evidente y la enorme cantidad de ausencias que esto supone merece una explicación. No hay duda de que uno de los mayores retos de la historiografía de hoy y de las nuevas generaciones de historiadores en Occidente es remediar los excesos de eurocentrismo que han definido nuestra comprensión del pasado. Como lo hemos hecho explícito en el título, este es un libro sobre Occidente que deja de lado buena parte de la historia y de las culturas del mundo. Nada se dice sobre la verdad o el conocimiento en las complejas culturas de las antiguas Mesopotamia y Egipto, y nada vamos a aprender aquí sobre las poblaciones nativas de América y Australia; la ciencia, la filosofía, la religión y el arte de las grandes tradiciones de Oriente, la India, China, Japón, se pasan por alto. El islam y la ciencia árabe son un tema obligado del cual nos ocupamos con cierto cuidado, pero nuestros comentarios sobre el tema están

[6] Los debates en filosofía e historia de la ciencia en la obra de autores como Thomas S. Kuhn, Paul Feyerabend o Imre Lakatos; la emergencia de una sociología del conocimiento influida por la filosofía de Ludwig Wittgenstein, y la consolidación de lo que se ha llamado "estudios sociales de la ciencia" han sabido mostrar con contundencia el carácter histórico y contingente de las verdades científicas.

muy lejos de ser suficientes para hacer justicia a la riqueza de la filosofía y la ciencia del islam.

El tratamiento adecuado de estas y otras culturas supone otro libro que se sale de mis posibilidades; sin embargo, estas limitaciones también tienen una justificación. Esta obra no pretende sustituir la historiografía centrada en Europa, no es una celebración, pero tampoco una negación de la obvia trascendencia de Europa en la historia global. No obstante, una historia de la verdad es un buen camino, justamente, para entender la cultura occidental, su autopercepción como centro del mundo, su poder y las diversas formas como se ha defendido la posesión de una verdad universal. Así, a pesar de todas estas limitaciones, este también es un libro sobre el eurocentrismo que ha definido nuestra cultura. No es mi intención celebrar el dominio europeo en la historia política moderna, lo que sí quisiera es contribuir a una mejor explicación sobre cómo fue posible para Europa proclamar la posesión de una verdad universal.

De manera similar, espero que estas páginas puedan ayudar en nuestra comprensión de la naturaleza masculina de la verdad en Occidente. Para cualquier persona, no importa su raza, sexo o condición social, sin la formación adecuada, sin acceso a libros, instrumentos ni redes de comunicación es muy difícil, si no imposible, tener reconocimiento en el mundo de la ciencia.

Es bien sabido que las mujeres han tenido acceso restringido a estas condiciones básicas del mundo del saber. La Academia de Platón, el Liceo de Aristóteles, la Biblioteca de Alejandría, la Casa de la Sabiduría en Bagdad, la Iglesia cristiana, la universidad o las modernas academias de ciencias europeas fueron entidades al servicio de grandes imperios, además de instituciones bajo un evidente dominio masculino. A pesar de estas situaciones adversas, muchas mujeres han formado parte del mundo del conocimiento, aunque se han mantenido invisibles para una historiografía dominante de la ciencia igualmente masculina.

Una manera de remediar este vacío podría ser la recuperación de figuras femeninas extraordinarias que han pertenecido al mundo del conocimiento, referirnos a las muchas mujeres en la periferia del ámbito del saber, ocuparnos de saberes y prácticas femeninas, pero que no se pensaron como relevantes para la ciencia moderna y, más interesante aún, mostrar el carácter masculino de muchas formas de explicar el mundo natural. Aunque de manera lenta, estos son frentes de trabajo muy activos que hoy ofrecen un panorama distinto[7]. Una historia de la mujer en la historia de la verdad está por fuera del alcance de este libro, sin embargo, espero que los capítulos permitan reconocer factores sociales y políticos que formaron parte de la

[7] Véanse, por ejemplo, Londa Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?* (Madrid: Cátedra y Universidad de Valencia, 2004); Evelyn Fox y Helen Longino, *Feminism and Science* (Oxford, Oxford University Press, 2006).

historia de la verdad y sin duda uno de estos elementos es el dominio masculino sobre prácticas e instituciones claves en la construcción de saberes y sujetos con autoridad.

Si bien el centro de atención de este trabajo es la época moderna, he decidido cubrir un periodo histórico muy amplio que va desde la antigua Grecia hasta la Ilustración europea. Ello supone obvias dificultades, no pocas ausencias y más que un cubrimiento enciclopédico exhaustivo de temas y personajes, implica un esfuerzo de síntesis. Y toda síntesis es necesariamente incompleta, pero al mismo tiempo permite mostrar de qué manera la verdad en Occidente se debe entender en el marco de nuevas y extraordinarias ideas, y también de prolongadas y profundas continuidades en la filosofía occidental.

Sin pretender forzar grandes rupturas o defender periodos históricos diferenciados de manera rigurosa, hemos dividido el libro en cuatro grandes secciones. La primera parte, centrada en el mundo griego, la hemos llamado "Cosmos", pues aquí describimos un sostenido esfuerzo por construir un universo ordenado y racional que, si bien hoy nos puede parecer ingenuo y lleno de nociones falsas, constituyó la base sobre la cual se consolidaron las cosmologías cristianas, árabes y las de la modernidad europea. La segunda parte, titulada "Un solo Dios, una única verdad", se ocupa de lo que suele llamarse Edad Media. El triunfo del cristianismo cambió el rumbo de la filosofía en Occidente y el sueño de alcanzar una verdad única adquirió una fuerza particular en un mundo profundamente religioso y dominado por las grandes tradiciones monoteístas del cristianismo, el judaísmo y el islam.

La tercera parte es la más extensa y la más importante en esta historia. Sin abandonar una profunda espiritualidad, el problema de la verdad vuelve a recobrar una dimensión más humana, y en los siglos XVI y XVII reconocemos la conformación de un nuevo mundo que parece estar al alcance de las capacidades y el poder de los seres humanos. Esta sección la hemos llamado "La caída del hombre natural", ya que se trata de una época caracterizada por diversas manifestaciones de emancipación humana. A lo largo de los distintos acápites de esta sección hablaremos de lo que se ha llamado el Renacimiento europeo y trataremos de explicar la configuración del mundo moderno. El libro cierra con una cuarta sección, "La Ilustración y el sueño europeo de una hegemonía global", dedicada a la Ilustración europea, en la cual podemos ver que los ideales de dominio global del Renacimiento parecen materializarse en la historia cultural y política del siglo XVIII.

La expansión europea y la idea de una hegemonía global de Occidente puede tener una historia que se remonta a 1492, pero la expresión más determinante de dominio global parece tomar forma en el siglo XVIII con una serie de ideas y prácticas asociadas a la Ilustración europea. En esta cuarta sección se describen algunas de las manifestaciones más contundentes de una cultura con pretensiones de legitimidad y dominio universal. El triunfo del

modelo de ciencia newtoniana, una nueva era de exploración científica global cuyo fin fue catalogar, clasificar y ordenar todos los lugares y criaturas de la Tierra, el robustecimiento de grandes imperios europeos, la emergencia de ambiciosos proyectos enciclopédicos y la defensa filosófica de una razón universal secular son algunas expresiones del triunfo de la verdad en Occidente.

Sería absurdo afirmar que el problema de la verdad se termina con el proyecto ilustrado y claramente no hay un punto final para esta historia. Por fortuna, la historia de la verdad no tiene un final visible, pero en los siglos XIX y XX la confianza en una razón única y una sola verdad, al igual que el sueño europeo de hegemonía global pierde el ímpetu que podemos reconocer en la Ilustración. La edad de la razón será entonces un buen momento para suspender o por lo menos hacer una pausa en esta historia.

Por último, se ofrecen unas breves reflexiones finales para insistir, ya con muchos más elementos que esperamos se hayan hecho visibles a lo largo del libro, sobre el carácter histórico y político del conocimiento y de la verdad. Las preguntas que le hacemos al pasado están siempre mediadas por los interrogantes del presente, y este libro no puede ser la excepción. El problema de la verdad es hoy tan álgido como lo fue en el pasado, y su historia nos ofrece valiosas lecciones para hacerle frente a la inquietud sobre la verdad en el siglo XXI.

Tengo la esperanza de que algunos lectores tengan la paciencia de seguir el texto de principio a fin y una lectura continua que respete la cronología propuesta tendrá ventajas obvias. Sin tener claridad sobre las ideas básicas de Platón sería difícil entender la estética del Renacimiento, y sin haber comprendido las bases de la filosofía de Aristóteles sería menos claro el pensamiento de Tomás de Aquino. Las secciones sobre Descartes, Kepler o Galileo son un importante apoyo para entender la obra de Newton y, como hemos dicho, parte de lo que queremos mostrar son profundas continuidades en la historia de la verdad en Occidente. No obstante, el texto puede servir como libro de consulta y las distintas secciones o capítulos se pueden leer de manera independiente. Quien quiera tener una idea general de la obra de Leonardo da Vinci, Robert Boyle o Carlos Linneo, puede referirse de manera directa a la sección correspondiente.

Como apéndice se incluye una cronología en la cual se ofrece un listado de personajes y eventos con sus respectivas fechas y lugares y que será de utilidad para el lector. Dicha línea de tiempo facilita reconocer dónde y cuándo vivieron personajes o tuvieron lugar eventos cuyas relaciones no siempre son visibles en las tradicionales narraciones históricas.

Primera Parte

COSMOS

Capítulo 1

DEL MITO A LA RAZÓN: LA PROBLEMÁTICA PREGUNTA POR EL ORIGEN DE LA FILOSOFÍA

Quien ama los mitos también ama la sabiduría,
porque los mitos están hechos de preguntas.

Aristóteles[1]

Dónde y cuándo iniciar una historia de la verdad es una pregunta incómoda y difícil. Cualquier intento por definir un único momento o lugar de origen de la filosofía, de la ciencia o de la verdad será controvertido y problemático por una simple razón: las nociones de ciencia y verdad tienen significados diversos, legítimos en sus propios tiempos, y debemos procurar no caer en la trampa de suponer que nuestras actuales ideas de conocimiento o de verdad han sido siempre las mismas.

Un posible origen del conocimiento humano se remonta al primer uso de herramientas, hace algo así como tres millones de años. Tal vez tenga sentido referirnos a los inicios de la agricultura hace unos diez mil años. Podemos encontrar buenos argumentos para iniciar esta historia con la aparición de la escritura (ideogramas), cerca del año 3000 a. C., con los jeroglíficos egipcios, o, tal vez mejor, con la escritura alfabética de los griegos hacia el 800 a. C. Un buen momento, sin duda, sería la astronomía y sus orígenes egipcios y babilónicos, ya que la cosmología occidental tiene una evidente deuda con estas poderosas civilizaciones que precedieron a los griegos. Quizá para algunas nociones de verdad o de ciencia nada de esto tenga sentido, y debamos iniciar esta historia con la emergencia de la llamada *ciencia moderna*, muchos siglos más tarde. Se hará caso omiso de estos y otros posibles comienzos, sin justa razón, porque desbordan el alcance de este libro, que se limita a describir ciertas nociones de verdad profundamente arraigadas en la cultura occidental.

[1] "[...] a philosopher in a certain respect is a lover of fables. For a fable is composed from things wonderful". Thomas Taylor, *The Metaphysics of Aristotle: Translated From the Greek* (Londres: Thomas Taylor, 1801), 6.

Esta historia no debería tener un punto de partida único, tampoco un punto final; de manera que nuestra elección de iniciar este recorrido en la antigua Grecia tiene algo de convencional y algo de arbitrario. La emergencia espontánea de un hombre más racional resulta incómoda, y si bien este no es el lugar para un estudio profundo de la antigua cultura griega, debemos enfrentar el problema con cautela. La idea del "milagro griego", en el cual el mito es abandonado y sustituido por la razón, amerita un intento de explicación histórica. La antigua Grecia suele presentarse como un punto de partida, como el crisol de nuestra cultura y acostumbramos pasar por alto que el mundo griego fue también un punto de llegada, heredera de tradiciones orientales[2].

A pesar de estas dificultades es posible reconocer que el problema de la verdad fue enfrentado de manera explícita y sofisticada con los orígenes de la filosofía griega, y que la cultura griega clásica es un referente inevitable e indeleble en la historia del pensamiento occidental. Además, la totalidad de este libro, podemos argumentar, gira en torno a la noción griega de *cosmos* (orden). La historia de la verdad en Occidente, queremos mostrar, resulta inseparable de la idea de orden, tanto natural como social.

Sin más rodeos y advertencias, tenemos que empezar y hacerle frente a un viejo debate sobre el tránsito del mito a la razón, que para muchos tuvo lugar en la Grecia del siglo VI antes de Cristo.

La tesis de un origen político de la filosofía

Antes de intentar presentar las propuestas teóricas de los filósofos presocráticos es oportuno hacer algunos comentarios sobre el contexto en que tuvo lugar este cambio en la historia de la filosofía. Mileto fue un fuerte centro de industria textil y de comercio hasta que los persas la destruyeron en el año 494 a. C. La opulencia de esta ciudad nos permite explicar parcialmente su desarrollo cultural. Por otro lado, algunos han argumentado que la historia política de Grecia también fue un importante elemento en el desarrollo de la filosofía griega. Las discusiones "públicas" sobre la forma como se debería gobernar (lo que hoy en día conocemos como los inicios de la democracia) introdujeron en la cultura un espíritu crítico en los asuntos políticos. Podemos asumir que tal espíritu formó parte y contribuyó a configurar las discusiones en filosofía y ciencias naturales.

[2] Un estudio pionero y polémico sobre las raíces no europeas de la civilización griega es el libro de Martin Bernal, *Black Athena* 1: *The Afroasiatic Roots of Classical Civilization. The Fabrication of Ancient Greece 1785-1985* (Ithaca: Cornell University, 1987).

En *Los orígenes del pensamiento griego*[3] Jean-Pierre Vernant argumenta que el derrumbamiento de la monarquía micénica y la búsqueda de un orden político diferente, el cual fue objeto de un debate público abierto, tiene una estrecha relación con los orígenes de la filosofía. En este nuevo contexto, nos dice Vernant, emerge el ideal de un orden político de ciudadanos iguales, lo cual contrasta con las tradicionales cosmogonías asociadas a mitos de soberanía divina o humana. Surge, entonces, en Grecia, una nueva vida política que busca fundar un nuevo orden social siguiendo principios de simetría, de equilibrio e igualdad entre los distintos elementos que conforman el cosmos. Un punto central es que la búsqueda de este equilibrio supone una política basada en argumentos, en un debate abierto a la participación de los ciudadanos. En el ágora se enfrentan las ideas, los argumentos y las palabras (*logos*). De hecho, la ciudad cambia su estructura, su centro ya no es el palacio real rodeado de fortificaciones; la ciudad tiene como centro el ágora, un espacio común que permite la discusión de asuntos de interés general. Esta nueva ciudad que se centra en la plaza pública es el origen de la polis.

Lo que encontramos entonces es un origen político de la filosofía: la polis como el escenario que hace posible la emergencia de la razón. Así, nos enfrentamos con una tesis que nos va a acompañar a lo largo de todo el libro: la filosofía y la política tienen un origen común y una indisoluble relación.

El arte político es un problema de comunicación y del lenguaje: técnicas de persuasión, formas de demostración que se deben fundar en ciertas reglas lógicas de lo posible, de lo verdadero. Esta conciencia del arte de argumentar hace del *logos* parte de la vida pública. Con el *logos* aparece también el sabio, quien puede hablar por otros. El hombre sabio no expresa su opinión sino la de muchos, la de todos; es el tránsito de la *doxa* al *logos*, del saber esotérico a las verdades públicas. No se trata de un misterio religioso, revelado a algunos elegidos y secreto de pocos. La noción de autoridad adquiere otro sentido en el cual el *arkhé* (principio o fundamento) no es propiedad de un dios caprichoso o de un poderoso individuo, es más bien el resultado de acuerdos colectivos.

La verdad puede ser el descubrimiento de una realidad que otros no ven y que está por encima del común, pero una vez se hace pública, se debate en la plaza o se escribe y difunde, resulta en principio accesible y por ende se convierte en un bien común. De hecho, solo podemos hablar de verdad cuando nos referimos a algo que puede ser aceptado de manera colectiva. Esto no quiere decir que en la polis griega podamos apreciar la emergencia repentina de un racionalismo político que sustituye todas las tradiciones religiosas. Más bien vemos cómo lo religioso y lo político forman parte de un mismo

[3] Jean-Pierre Vernant, *Los orígenes del pensamiento griego*, traducido por Marino Ayerra (Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1965).

espacio en el cual las técnicas de persuasión y los debates son objeto de atención pública.

La filosofía parece entonces nacer en medio de una paradoja: el saber superior de unos pocos entra en la esfera pública. El sabio, el filósofo, se presenta como fuente de autoridad. Incluso su superioridad le daría el derecho para dirigir a los demás —ordenar la sociedad—, pero su soberanía se legitima no en un mandato divino o en un acto de autoridad irreflexiva, sino en la naturaleza de su sabiduría, la cual tiene un valor universal.

En el Estado espartano —afirma Vernant— el poder ya no se limita como en los reinos micénicos a la voluntad del rey; el Estado ahora lo definen normas y leyes que deben cumplir todos los ciudadanos y que operan según principios de equilibrio, armonía e igualdad. La posibilidad misma de puntos de vista en disputa, la participación de otros, supone cierto principio de simetría e igualdad.

Los primeros sabios aparecen, por ende, en el terreno de la política. Sus conocimientos están al servicio de la organización de la polis, inventaron las leyes y con fines prácticos construyeron un *logos*, una racionalidad en la que se funda una nueva autoridad. En este contexto emerge una reflexión, moral y política, de carácter laico, que busca la regulación de la sociedad. Frente al crimen, el asesinato, por ejemplo, se requieren condenas de validez universal. Es decir, el crimen perpetrado contra un individuo se entiende como un perjuicio, no solo personal, sino para la sociedad, un atentado contra un ser humano es un atentado contra todos. Así, el derecho y la política no se pueden aislar de lo espiritual y religioso, pero su autoridad requiere de una legitimidad colectiva que se funda en la razón.

La actividad judicial requiere de testimonios confiables, de un conocimiento neutral y de juicios sobre inocencia o culpabilidad basados en hechos; lo que hoy podríamos llamar conocimiento objetivo[4]. Los ideales de justicia, y si se quiere el nacimiento del derecho, suponen debates morales que una vez más parecen tener su fundamento en nociones de orden y equilibrio. La *hybris*, la codicia del rico y del poderoso, tiende a romper la unidad y los valores y virtudes de la justicia, de "nada en demasía", del justo medio, de la *sophrosyne*. Los desequilibrios y tensiones de la sociedad se deben atemuar con la existencia de leyes y acuerdos que estén por encima de los intereses particulares. Más que tiranos, el orden requiere de jueces justos.

Estos ideales políticos se expresan en los escritos de Solón (ca. 638-588 a. C.): leyes iguales para todos que sustituyen al tirano. "Lo igual —escribe

[4] La noción de objetividad no es griega, de hecho, solo en el siglo XIX adquiere el sentido actual. Véase Lorraine Daston y Peter Galison, *Objectivity* (Nueva York: Zone Books, 2007). Más adelante en este libro veremos cómo en el siglo XVII los conceptos de *testimonio confiable*, basado en hechos, y la idea misma de ley, desempeñarían papeles centrales en las modernas nociones de conocimiento científico.

Solón— no puede engendrar guerra"[5], y la igualdad se basa en nociones de equilibrio matemático y geométrico. El cosmos de la polis resulta armonioso, proporcionado, si cada uno de sus componentes está en su lugar y posee la porción de poder que le corresponde. El pensamiento político y moral, insistirá Vernant, se legitima en nociones de armonía y proporción racionales, no en creencias ni en mandatos reales o divinos. Las ideas de orden social y de orden natural fueron inseparables en la Grecia antigua, y también en la Europa medieval y moderna.

La idea de armonía y proporción fue la base del pitagorismo y, de manera más elaborada, de la filosofía de Platón. Las ideas de orden y armonía se desarrollaron tanto en sus escritos políticos, teoría de la *sophrosyne*, de *La República*, como en la cosmología del *Timeo*.

Solón (ca. 638-558 a. C.)

Uno de los Siete Sabios de Grecia. Poeta, legislador y estadista ateniense. Durante su gobierno se vivieron graves conflictos sociales debido a la gran brecha entre ricos y pobres, y a que el poder político estaba en manos de nobles terratenientes. Solón llevó a cabo una Constitución que incluía reformas para mejorar la situación de los más pobres, en especial de los campesinos, que estaban atados a las tierras de sus señores y quienes terminaban muchas veces convertidos en esclavos debido a sus deudas.

Una legítima pregunta sobre esta versión de la historia es de qué manera este "racionalismo político y moral" se diferencia de las tradiciones egipcias y babilónicas más antiguas, o de los ideales morales de tradiciones griegas como la homérica o la *Teogonía* de Hesíodo, en las cuales es evidente que existen ideales de un orden social, virtudes y defectos morales. Las teogonías y cosmogonías antiguas presentan explicaciones del origen del mundo y de las cosas, la aparición gradual de un mundo ordenado, en el marco de una soberanía divina. El orden es, siempre y sin remedio, el resultado de un Dios soberano. La *Teogonía* de Hesíodo se soporta de manera total sobre la omnipotencia de Zeus. Ouranos, Gaia y Pontos son realidades físicas, cielo, tierra y mar, pero son al mismo tiempo divinidades que actúan, se relacionan y sienten a la manera de los hombres. En dichas tradiciones, que hoy identificamos más

[5] Vernant, *Los orígenes del pensamiento*, 73.

con la literatura que con la filosofía o la ciencia, es evidente que las preocupaciones políticas e ideales de justicia estaban ya presentes.

Para Vernant, la conformación de este nuevo orden se funda en normas e instituciones seculares y están sustentadas en lo que él llama "pensamiento positivo", y esa misma racionalidad se ocupa de un cosmos que incluye lo natural. A pesar de que una ruptura radical es problemática, sí podemos reconocer una transición de las potencias divinas a una naturaleza (*physis*) que opera según sus propias reglas. Vernant ve esta transición, y las nuevas cosmologías, como una herencia del pensamiento político y moral, en el cual se proyectan sobre la naturaleza las ideas de orden, armonía y de ley que se han desarrollado en la polis; el cosmos de los humanos se busca ahora en una naturaleza autónoma.

¿Estamos entonces frente a un gran "salto" del mito a la razón?, ¿es la polis griega la cuna de un pensamiento secular y racional? ¿Es este nuevo pensamiento laico y la mitología "irracional"? Con estas preguntas y salvedades en mente, veamos ahora el problema de la cosmología en la antigua Grecia.

El problema de la causalidad y la *physis* en el pensamiento presocrático

Las primeras concepciones cosmológicas griegas se relacionan principalmente con dos conocidos personajes que aparecen en el siglo VIII a. C. Por una parte, encontramos la obra de Homero —autor de *La Ilíada* y *La Odisea*—, que retoma tradiciones orales que datan de 1200 a. C. En su obra es clara la importancia que tienen los dioses, encabezados por Zeus, en el orden y destino del mundo y de la humanidad. Zeus es el padre de todo, poseedor de los rayos y el más poderoso de los dioses. Lo acompañan Hera, hermana y esposa; su hermano Poseidón, rey del mar y de la tierra, que domina las tormentas y los terremotos; su otro hermano Hades, señor del submundo y de la muerte, y Atenea, su hija, la diosa de las artes militares y protectora de las ciudades.

Por otra parte, encontramos a Hesíodo, en su obra *Teogonía* narra el origen de los dioses y del mundo natural. Para este autor, en un principio todo era caos. De allí surgió Gaia (tierra), quien en unión con Ouranos (el cielo estrellado) concibió a Oceanus (el río que rodea al mundo). Pero Kronos (el tiempo) destrona a su padre Ouranos, quien a su vez es derrocado por Zeus, que finalmente establece su poder olímpico.

Las obras de Homero y Hesíodo retoman una larga tradición mitológica en la cual los dioses guardan una estrecha relación con los fenómenos naturales y con los asuntos humanos. Este mundo de divinidades antropomórficas interviene y participa de todos los asuntos humanos y, si bien parece un mundo que depende de los caprichos de los dioses, supone también cierto

orden moral y natural. Dicha tradición formó parte de la cultura griega antes y después de la filosofía presocrática. De esta manera, cuando en el siglo VI a. C. aparecen los llamados filósofos presocráticos, no se puede afirmar que la filosofía de una vez y para siempre sustituye al mito. El carácter naturalista de los dioses griegos, y la condición divina de los hombres y la naturaleza, hace difícil reconocer un repentino rompimiento entre lo mítico y lo racional, entre la religión y la filosofía.

Otra dificultad a la hora de defender la tesis del origen presocrático de la filosofía radica en la falta de fuentes primarias. Casi todo lo que podemos afirmar sobre los presocráticos lo hemos aprendido de comentaristas y pensadores posteriores, en particular de Aristóteles, Platón y Simplicio. Esos testimonios muchas veces nos enseñan más sobre las concepciones filosóficas de sus intérpretes que sobre el propio pensamiento presocrático. Además, hacer del surgimiento de la filosofía un logro exclusivo de los griegos implica dejar de lado las complejas tradiciones babilónicas y egipcias, y de paso ignorar las grandes culturas y cosmologías orientales como fueron las de las antiguas China e India.

El primero, y con certeza no el último, en defender esta idea del origen presocrático de la filosofía fue Aristóteles, quien identificó su propia filosofía con el tipo de preguntas y formas de abordar el problema del conocimiento de algunos pensadores griegos que anteceden las tradiciones atenienses de su maestro Platón y su propio sistema filosófico. De ahí en adelante, los orígenes griegos de la filosofía occidental se han arraigado sin mucha resistencia en una duradera tradición intelectual.

La ciudad de Mileto del siglo VI a. C. suele ser recordada como la cuna de tres importantes e influyentes teorías cosmológicas que Aristóteles describe como teorías sobre "la causa material de las cosas", y que presentan la búsqueda de un primer elemento fundamental a partir del cual el universo fue creado. Esta pregunta sobre cuál es el origen o principio de las cosas, la idea de *arkhé*, que designa el origen o principio en una serie temporal, tendrá una importancia notable en la historia de la filosofía y las propuestas cosmológicas de los pensadores de Mileto —Anaximandro, Tales y Anaxímenes— son el inicio de una tradición que en diferentes momentos de la historia ha sido apropiada y defendida como un primer y fundamental paso en la construcción del conocimiento científico.

Veamos entonces las propuestas específicas que, nos dice Aristóteles, hicieron de los filósofos de Mileto los fundadores de una nueva forma de explicar el origen y causa de las cosas:

> De los que primero filosofaron, la mayoría pensaron que los únicos principios de todas las cosas son de naturaleza material: y es que aquello de lo cual están constituidas todas las cosas que son, y a partir de lo cual primeramente se generan y en lo cual últimamente se descomponen, permaneciendo la entidad por más que

> esta cambie en sus cualidades, eso dicen que es el elemento, y eso el principio de las cosas que son, y de ahí que piensen que nada se genera ni se destruye, puesto que tal naturaleza se conserva siempre [...] pues siempre hay alguna naturaleza, sea una o más de una, a partir de la cual se genera lo demás, conservándose aquella. Por lo que se refiere al número y a la especie de tal principio, no dicen todos lo mismo, sino que Tales, el introductor de este tipo de filosofía, dice que es el agua (de ahí que dijera también que la tierra está sobre el agua), tomando esta idea posiblemente de que veía que el alimento de todos los seres es húmedo y que a partir de ello se genera lo caliente mismo y de ello vive [...] tomando, pues, tal idea de esto, y también de que las semillas de todas las cosas son de naturaleza húmeda, y que el agua es, a su vez, el principio de la naturaleza de las cosas húmedas[6].

La explicación que da Tales de los movimientos sísmicos también ha sido mencionada como ejemplo de una ruptura con las tradiciones literarias de carácter religioso y el inicio de un pensamiento causal. Para él, la tierra descansa sobre agua y los movimientos sísmicos son causados por las mareas. No sobra recordar que esta idea de la tierra flotando sobre el agua la encontramos en mitos egipcios y babilónicos muy anteriores a Tales: "Creen que también Homero al igual que Tales, que lo aprendió de los egipcios, hace al agua principio y génesis de todas las cosas"[7]. Incluso, entre los mismos griegos se había responsabilizado a Poseidón (dios del mar) de ser la causa principal de los terremotos. Aristóteles nos recuerda que Tales afirmaba que "todas las cosas están llenas de dioses"[8]. Sin embargo, al parecer, Tales no hace directa referencia a Poseidón ni a ningún otro agente divino, y los poderes y las pasiones de Zeus tienden a ser reemplazadas por agentes naturales.

Además de sus tesis sobre el agua como principio y origen de todas las cosas, y su explicación natural de los terremotos, a Tales se le atribuye la predicción de un eclipse en el año 585 a. C., lo cual ha sido para algunos un simbólico punto de quiebre, una muestra clara del poder de la razón humana en la comprensión del mundo natural. La historia de dicha predicción no es muy confiable y de haber tenido lugar, se habría basado en los ciclos lunares de la astronomía babilónica de la cual Tales tuvo conocimiento.

Una segunda teoría sobre un principio natural de las cosas fue propuesta poco después por quien parece haber sido un discípulo de Tales[9], Anaximandro. Este propone que el origen del universo no proviene de una sustancia específica, sino de algo indefinido, el *ápeiron*.

[6] Aristóteles, *Metafísica*, traducido por Tomás Calvo (Madrid: Gredos, 1994), 80-81.

[7] Geoffrey Kirk y John Raven, *Los filósofos presocráticos: Historia crítica con selección de textos* (Madrid: Gredos, 1981), 116.

[8] "All things are full of gods". Lloyd, *Early Greek Science*, 9. Traducción propia.

[9] Quizá Anaximandro era unos catorce años más joven que Tales y provenían de la misma ciudad. Véase Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 147.

Anaximandro no reconocía la validez de un principio que pudiera reducirse a uno de los cuatro elementos (agua, fuego, aire o tierra) y habría cuestionado la idea de Tales de que la totalidad de lo que hay se origina en el agua, con un razonamiento similar a este: ¿cómo es posible que lo contrario al agua, el fuego, por ejemplo, pueda originarse a partir de esta? Lo mismo sería si el único principio fuese el fuego o cualquier otra sustancia, siempre habría otra que se opondría y que no podría tener lugar. Es en este sentido que, para Anaximandro, el origen de aquellos elementos que constituyen nuestro mundo debe ser una sustancia que los precede, distinta e indeterminada.

Así, el cosmos es como un ser viviente que crece de una semilla primordial[10]. Sobre ello, Aristóteles dice lo siguiente:

> [...] del infinito no hay principio, ya que entonces tendría un límite. [...] sino que es el principio de las otras cosas, y a todas las abarca y las gobierna (como afirman cuantos no admiten otras causas además del infinito, como el Nous o el amor), y que es lo divino, pues es inmortal e imperecedero, como dice Anaximandro y la mayor parte de los fisiólogos[11].

No obstante, la idea de que el *ápeiron* de Anaximandro sea equivalente al "infinito" puede ser una interpretación aristotélica extraña a los presocráticos, pues solo hasta Meliso y Zenón conocemos inquietudes explícitas acerca de la infinitud espacial y temporal. En términos generales, *ápeiron* significaba 'lo indefinido', (lo que no tiene término) y puede asociarse a una indefinición espacial y también a la de una sustancia.

La obra de Anaximandro es aquí útil para entender el cambio que Aristóteles y muchos otros celebraron con tanta vehemencia. Un ejemplo es su defensa de una Tierra inmóvil en el centro del universo. Según Anaximandro, si la Tierra está inmóvil en el centro, sin necesidad de soporte alguno, es porque está a igual distancia de todos los puntos de una gran esfera celeste y ocupa el centro natural de un mundo en armonía y equilibrio matemático. Este, podemos argumentar, es el inicio de una nueva cosmología y el primer argumento físico a favor de una cosmología geocéntrica. Los babilonios y los griegos, antes que los presocráticos, creyeron en una Tierra que flotaba sobre el agua o el aire, mientras que Anaximandro concibe un cosmos geométrico en completo equilibrio, más adelante desarrollado por Pitágoras, Parménides y Platón.

En esta tradición se consolida la idea de la Tierra como una esfera. Su idea del *ápeiron* es el resultado de un orden en el cual ningún elemento está primero, todos operan en simetría bajo una ley común. Estas relaciones de

[10] Lloyd, *Early Greek Science*, 20.

[11] Aristóteles, *Física*, traducido por Guillermo de Echandía (Madrid: Gredos, 1995), 90.

unidad y armonía se harán presentes en la astronomía y también en la medicina. Una vez más, el equilibrio político del cosmos humano y el equilibrio natural del universo parecen tener una relación visible y duradera.

Una tercera teoría sería propuesta por Anaxímenes, quien pensaba que el origen de todas las cosas era el aire que se condensa y se rarifica para formar todo lo que conocemos en la Tierra. Así, una evidencia de esta teoría sería, para este filósofo, el fenómeno de la lluvia que resulta de la condensación del aire. "Anaxímenes de Mileto, hijo de Eurístrato, declaró que el principio de las cosas existentes es el aire: pues de este nacen todas las cosas y en él se disuelven de nuevo. Y así como nuestra alma, que es aire, dice, nos mantiene unidos, de la misma manera el viento (o aliento) envuelve a todo el mundo [...]"[12].

Este elemento constitutivo de todas las cosas, el aire, tenía la capacidad de convertirse en otros componentes sin perder su naturaleza original. De tal modo Anaxímenes evadía la posible objeción de Anaximandro de la imposibilidad de que un elemento cuyas cualidades eran opuestas a otros fuera el origen de todos los demás. Para Anaxímenes también el aire era indefinido en cantidad y en extensión, y poseía una capacidad muy específica para transformarse. Respecto a la Tierra, su origen, forma, movimientos y composición, según la lectura de Aristóteles, Anaxímenes sostiene que es plana y se encuentra "sobre" el aire[13] y supuso que el aire circundante era el soporte que sostenía a la Tierra. En los tres casos, el *ápeiron*, el agua o el aire, no requieren de una causa que los preceda, son eternos y el origen de todo lo demás. Así, parece que todo lo que es forma parte de una única naturaleza.

De acuerdo con Aristóteles y muchos que lo han seguido, los presocráticos tomaron distancia de las explicaciones basadas en las deidades y contribuyeron con interpretaciones distintas de fenómenos naturales tales como los truenos, los terremotos, el origen de los animales y del hombre, y justificaciones causales de carácter cosmológico que dan cuenta de la posición de la Tierra en el cosmos. Sin embargo, este gran salto del mito a la razón, insistimos, no es tan simple. Las explicaciones que implicaban la agencia divina pueden ser interpretadas en un sentido menos literal y reconocer en el mito un pensamiento más metafórico que recurría a las imágenes de los dioses para evocar el poder de los procesos naturales que se escapaban al control humano. Las explicaciones por medio de la agencia divina no son necesariamente contrarias a la filosofía. Las deidades griegas, bien sabemos, forman parte de la naturaleza, lo cual hace menos evidente y menos tajante la frontera entre lo divino y lo natural, entre la filosofía y la religión.

Como hemos sugerido, el mundo de las tradiciones que recogen Homero y Hesíodo operan según un orden no del todo distinto a las preocupaciones

[12] Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 226
[13] *Ibid.*, 219.

de esta nueva generación de pensadores a la cual se le atribuye la distinción entre explicaciones sobrenaturales y naturales, el "descubrimiento" de la naturaleza[14]. A Zeus le corresponde la luz de los cielos (*aither*); a Hades, la sombra y la oscuridad (*aer*); a Poseidón, el agua, y a Gaia, la tierra. Así, entre las cosmologías antiguas y los nuevos filósofos de la naturaleza se pueden ver coincidencias y continuidades, y entre lo natural y lo divino hay una frontera más bien difusa. La mitología no desapareció ni fue desplazada de un momento a otro por la filosofía, pero no podemos tampoco desconocer la aparición de nuevas formas de pensar con las cuales se buscaban explicaciones a los fenómenos naturales que no se limitaban a deseos o caprichos divinos, sino que entendían que la naturaleza misma opera bajo sus propias leyes. Esta es la razón por la cual Aristóteles los llamó *physicoi*, por su interés en la *physis*, o naturaleza.

Si bien debemos ser cautos al tomar al pie de la letra las interpretaciones de Aristóteles acerca de sus antepasados y, sobre todo, desconfiar de la idea posterior sobre la ciudad de Mileto del siglo VI a. C. como el lugar y momento de origen para toda la ciencia occidental, el señalamiento de que con la filosofía presocrática emergieron preguntas y respuestas diferentes sobre el mundo natural, que se distancian de las tradiciones literarias que recurren a entidades divinas, está lejos de ser trivial para la historia de la verdad.

En un sentido más amplio, lo que pudo empezar con los filósofos presocráticos es una aproximación al mundo cuyas explicaciones a partir de determinados elementos hacen de la naturaleza algo más "accesible". Si podemos saber ciertas cosas, por ejemplo, que una marea alta no obedece a los caprichos de un dios, y encontrar relaciones de esta con los ciclos lunares, entonces podemos intervenir o explicar, con el uso de nuestras propias herramientas, los ires y venires de las fuerzas naturales, lo cual no quiere decir que el pensamiento religioso anterior a los presocráticos desaparezca de un momento a otro ni tampoco que este sea menos racional.

Mileto, en el siglo VI a. C., puede no haber sido el lugar de origen de algo como el pensamiento racional, pero su influencia sobre la historia de la filosofía es innegable y estos intentos por encontrar un principio natural serán el inicio de una larga tradición. Heráclito, algo más tarde, en Éfeso, ciudad cercana a Mileto, asoció el origen de las cosas con el fuego: "Este cosmos [el mismo de todos] no lo hizo ningún dios ni ningún hombre, sino que siempre fue, es y será fuego eterno"[15].

En la segunda mitad del siglo V a. C. podemos apreciar un materialismo aún más explícito con las tesis atomistas de Leucipo y Demócrito, quienes defendieron la idea de que el mundo se compone de átomos diminutos e invisibles que se mueven sin propósito en un vacío infinito. Las ideas de estos

[14] Lloyd, *Early Greek Science*, 9.

[15] Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 281.

dos pensadores nos traen a la memoria las teorías atómicas modernas, pero no sobra recordar obvias diferencias. Para empezar, la palabra *átomo* en griego quiere decir 'indivisible', y desde Dalton y la física moderna los átomos son de naturaleza diversa y están hechos de partes y componentes diferenciables.

También en la segunda mitad del siglo V a. C. tuvieron origen importantes concepciones sobre la materia, como la de Empédocles de Agrigento, que concebía los cuatro elementos como las "raíces" o los componentes de todo el mundo material. Para Empédocles, "de estos [cuatro] elementos nacieron todos cuantos seres existieron, existen y existirán, los árboles, los varones y las mujeres, las bestias, las aves, los peces que se nutren del agua y también los dioses de larga vida [...] Pues solo estas cosas existen, las cuales, entremezclándose, adoptan pluralidad de formas"[18].

Las tesis atomistas y materialistas que suponen un mundo físico autónomo y mecánico, y que incluso niegan un diseño y propósito en la naturaleza, fueron atacadas, entre otros, por Platón y Aristóteles; y luego fueron revitalizadas por las escuelas de Epicuro y de los estoicos, y más adelante encontrarían importantes seguidores en la Europa moderna. Como hemos señalado, esta idea de un momento histórico, un lugar y unos padres de la filosofía adquiere una fuerza particular con la difusión de la obra de Platón y Aristóteles, y sin importar si la consideremos una explicación satisfactoria o no, esta idea forma parte de la historia del pensamiento occidental.

El microcosmos: medicina y filosofía

Hasta ahora nos hemos ocupado de la obra de quienes se consideraron filósofos, pero no podemos dejar de lado artes y prácticas que forman parte de la historia del conocimiento, y que sin duda son relevantes para nuestra historia de la verdad, como es el caso de la medicina. El estudio del cuerpo humano en la Grecia clásica se convierte en un tema importante a la hora de entender el surgimiento de una filosofía natural. La salud y la enfermedad han tenido una estrecha relación con causas divinas y sobrenaturales, tal y como se puede leer en *La Ilíada* y *La Odisea* de Homero o en la *Teogonía* de Hesíodo. Al mismo tiempo que emergió entre los filósofos de Mileto una serie de preocupaciones de carácter naturalista en la explicación de fenómenos naturales, vemos también la aparición de una teoría médica que, si bien no abandona del todo elementos religiosos, parece buscar respuestas de otro orden, en el cual las enfermedades y sus curas pueden tener explicaciones físicas.

La medicina, entonces, es un arte, una técnica con un propósito claro en el tratamiento de los enfermos, una práctica de carácter empírico, que en su

[18] *Ibid.*, 459.

mayor parte parece independiente de los grandes sistemas filosóficos de las tradiciones cultas. Sin embargo, es significativo el creciente interés de algunos médicos de la época por establecer vínculos teóricos entre la medicina y la filosofía. Esta emergencia de una teoría médica culta y fundada en principios filosóficos fue una forma de diferenciación entre un conocimiento legítimo y la mera opinión.

Una de las más importantes tradiciones médicas de carácter secular, y que se relaciona con los sistemas filosóficos de la Grecia clásica, se asocia al nombre de Hipócrates de Cos (ca. 460-370 a. C.). De manera similar al caso de la tradición pitagórica, no es claro si los tratados que hoy se conocen como *Escritos hipocráticos* o *Corpus hipocrático* son obras de un único autor. Sabemos que la mayoría fue escrita entre el 430 a. C. y el 330 a. C., y que se le atribuye a Hipócrates porque responde a una misma tradición y una misma tendencia médica.

La aparición de una medicina más letrada y filosófica no implica que esta sustituyera a aquellos que practicaban una medicina más empírica. No hubo un dominio total de la medicina culta sobre la popular, y quienes buscaban asistencia médica seguían acudiendo a la ayuda de curanderos prácticos. La delimitación entre medicina popular y culta es ambigua y su diferenciación fue en gran parte construida por historiadores y médicos modernos. No obstante, es evidente entre los seguidores de Hipócrates la intención de establecer límites entre la medicina culta y la popular, con el fin de excluir a charlatanes de la práctica médica, haciendo un gran esfuerzo por darles un fundamento filosófico a sus conocimientos y prácticas. El solo hecho de que estos tratados fueran escritos nos permite entender que sus autores se ubican dentro de una tradición culta, que buscaba su diferenciación con curanderos o médicos empíricos. Así mismo, sus autores se encontraban a mitad de camino entre las formas curativas tradicionales y una fuerte tradición filosófica. La influencia de ambos campos fue definitiva, tanto para filósofos y teóricos que se preocupaban por temas de salud o enfermedad, como para médicos practicantes que se interesaban por la filosofía tradicional.

Dentro de la tendencia naturalista y la búsqueda de un orden natural que hemos descrito es entendible que los tratados hipocráticos asociaran la enfermedad con un desequilibrio en el cuerpo o una interferencia con su estado natural. En varios de estos tratados, la enfermedad se vincula con los llamados humores corporales. De manera específica, en el tratado hipocrático *Sobre la naturaleza del hombre* se plantea que el cuerpo está compuesto por cuatro humores (la sangre, la flema, la bilis amarilla y la bilis negra) y que a partir de su apropiado balance se define la salud. El dolor o la enfermedad aparecen cuando hay deficiencia o exceso de una de estas sustancias.

Cada uno de los humores se asociaba con unas cualidades fundamentales, las mismas que aparecerán en los textos aristotélicos: caliente, frío,

húmedo, seco (véase la imagen III.1.). Por consiguiente, se relacionaba la enfermedad con el exceso o la deficiencia de calor y humedad, y se llegaba a la conclusión de que cada humor tenía la tendencia a predominar según la estación. La flema, por ejemplo, que es de carácter frío, era propia del invierno, y por lo tanto las enfermedades con desequilibrio flemático eran las comunes en esta época. Así mismo, la sangre predominaba en primavera, la bilis amarilla en verano y la bilis negra en otoño.

Sin embargo, no solo las estaciones conducían a desequilibrios humorales. La comida o el ejercicio también afectaban la salud y parte de las terapias estaba dirigida a la restauración del equilibrio por medio de dietas, sangrado, purgantes, diuréticos, entre otros. Como vemos, la idea de un orden natural (*cosmos*) se hace presente en las concepciones del cuerpo humano, el cual se concibe como un microcosmos en el cual la salud supone equilibrio y armonía. Por estas razones, se ha encontrado en la figura de Hipócrates un "padre" para la medicina moderna, y su concepción de la salud como equilibrio entre los componentes del cuerpo tuvo un impacto duradero.

Un ejemplo interesante de lo anterior es el expuesto en el tratado *Sobre la enfermedad sagrada*, el cual se ocupa de la epilepsia de la siguiente manera: "No creo que la enfermedad sagrada sea más divina o sagrada que ninguna otra enfermedad, por el contrario, esta tiene características específicas y una causa definitiva [...]"[17], y aclara, además, que a esta enfermedad se la ha visto como de origen divino por simple ignorancia.

La medicina hipocrática se caracteriza por indagar de lleno en el problema teórico de la salud y la enfermedad, lo cual supone la voluntad de tomar distancia de elementos mágicos o sobrenaturales. La naturaleza tiene su propio poder curativo y por lo tanto la medicina se convierte en una manera de facilitar que la naturaleza actúe. Esto puede lograrse por medio de recomendaciones sobre formas de vida, dieta y, claro, con el uso de remedios naturales. En los tratados hipocráticos se mencionan remedios, de origen vegetal en su mayoría, que tienen el efecto de ayudar al cuerpo a encontrar su equilibrio.

Vale la pena recordar que, en el juramento hipocrático, otra forma clara de diferenciar al médico del charlatán o curandero es que el médico jura por Apolo y Asclepio e invoca a los dioses para que sean testigos de dicho juramento. Pese a que se considera que los dioses existen y la naturaleza en sí es de carácter divino, la causa directa de las enfermedades no se explica desde esta perspectiva. Por el contrario, el origen de la enfermedad es de tipo natural y, sin importar cuáles sean las causas específicas, estas no pueden ser aleatorias, sino que responden a verdades universales. La combinación de elementos empíricos, filosóficos y religiosos no nos debería sorprender tanto,

[17] "I do not believe that the 'Sacred Disease' is any more divine or sacred than any other disease but, on the contrary, has specific characteristics and a definite cause". Citado en Lloyd, *Early Greek Science*, 54. Traducción propia.

en pleno siglo XXI no vemos problema alguno en ser atendidos por médicos creyentes y seguir usando remedios caseros.

Pitágoras y el orden matemático

Las ideas atribuidas a Pitágoras y a sus seguidores fueron un antecedente clave de las tradiciones filosóficas de la Academia de Platón y del Liceo de Aristóteles, que más adelante reconoceremos en figuras notables del Renacimiento europeo. Gracias a su particular concepción de los números y de las matemáticas, en la escuela pitagórica encontramos una nueva forma de hacer filosofía que tomará distancia con sus antecesores presocráticos.

El conocimiento cosmológico en los presocráticos era de tipo cualitativo. Es decir, sus nociones se expresaban en términos más descriptivos que cuantitativos, y eran pocas las referencias que hacían a medidas como hoy las conocemos. En términos generales, parecían carecer de un marco conceptual que hiciera posible relacionar los distintos fenómenos celestes (Sol, Luna, estrellas y planetas) con un solo sistema.

A pesar de los problemas de falta de fuentes primarias, y de la ausencia de los escritos originales de Pitágoras, podemos recoger algunas ideas básicas sobre su concepción del universo. Más que una escuela de matemáticas aplicadas, los pitagóricos conformaban una secta de carácter místico-religioso dentro de la cual, como un acto de piedad, sus miembros atribuían y daban crédito de sus trabajos a su fundador. Además, al parecer, existía un principio dentro de la secta que consistía en mantener sus prácticas en secreto[18]. Los pitagóricos no fueron entonces un grupo de pensadores dedicado a investigar la naturaleza —tal y como entendemos una comunidad científica hoy—, y para un observador moderno podría parecer más bien un grupo religioso congregado alrededor de ciertas creencias y prácticas místicas[19].

Porfirio, en *Vita Pythagorae*, nos dice que entre los pitagóricos:

> Llegaron a hacerse famosas las manifestaciones siguientes: en primer lugar, su afirmación de que el alma es inmortal; en segundo lugar, que se cambia en otras clases de seres vivos, que, además, vuelven a ocurrir cada ciertos periodos y que no hay nada absolutamente nuevo; finalmente, que todos los seres vivos deben ser considerados parientes. Parece que, en efecto, fue Pitágoras el primero en introducir estas creencias en Grecia[20].

[18] Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 312.
[19] Véase Lloyd, *Early Greek Science*, capítulo 3.
[20] Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 315.

A diferencia de los filósofos de Mileto y de su búsqueda por principios naturales, para los pitagóricos el principio de todas las cosas eran los números. En palabras de Aristóteles: "Puesto que las demás cosas en su naturaleza toda parecían asemejarse a los números, y los números eran los primeros en toda la naturaleza, supusieron que los elementos de los números son elementos de todas las cosas que son, y que el firmamento entero es armonía y número"[21].

Dejando de lado la pregunta de si es correcto afirmar o no que los pitagóricos descubrieron las relaciones numéricas en la naturaleza, la relación entre la armonía musical y las proporciones numéricas es un buen ejemplo para ilustrar su filosofía del conocimiento y su concepción de los números, la geometría y las matemáticas. La naturaleza obedece a un orden matemático que es apreciable, por ejemplo, en los sonidos. Los intervalos musicales de una octava, una quinta, una cuarta, y así sucesivamente, pueden ser expresados en términos de simples relaciones numéricas como lo son 1:2, 2:3, 3:4.

Los pitagóricos creían que el mundo se componía de números y que estos no eran un mero lenguaje sino entes reales. De esta manera, la mayoría de las relaciones numéricas de las que se ocuparon los pitagóricos tiene para nosotros un carácter místico lejano a nuestra idea de conocimiento y del papel de las matemáticas como un instrumento de cálculo. El estudio de los números, más que un medio, era un fin en sí mismo. Los números tenían

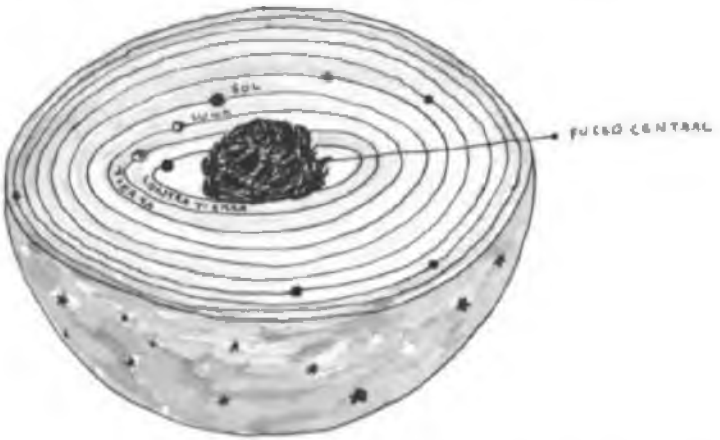
IMAGEN 1.1. *Pitágoras y la armonía musical*, Theorica musicae, 1492

Representación moderna de supuestas experiencias pitagóricas que muestran las relaciones entre cantidades dadas en volumen o longitud y las notas musicales.

FUENTE: "Gaffurio Pythagoras", *Wikimedia Commons*, última modificación 3 de noviembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019. https://goo.gl/JMG8Zg.

[21] Aristóteles, *Metafísica*, 89.

IMAGEN 1.2. *Sistema pitagórico de diez esferas concéntricas*



La Tierra, su contraparte, la Luna, el Sol, los cinco planetas visibles (Venus, Mercurio Marte, Júpiter y Saturno) y las estrellas fijas.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

significados, por ejemplo, para los pitagóricos el hombre estaba representado con el número 2 y la mujer con el 3. La justicia era el 4; el matrimonio, el 5 (2 + 3); la oportunidad, el 7, y el 10 correspondía al orden cósmico:

> La verdadera naturaleza del número es 10. Todos los griegos y todos los bárbaros cuentan por igual hasta 10 y revierten después la unidad. Y afirma de nuevo Pitágoras, que el poder interno del número 10 radica en el número 4, la tétrada, y su razón es la siguiente: si se parte de la unidad y se la añaden los números sucesivos hasta cuatro, se forma el número 10 [1 + 2 + 3 + 4 = 10]. Si se excede la tétrada, se excede también el 10. Si, por ejemplo, se toma la unidad y se añade el 2, después el 3 y después el 4, completan el número 10. De manera que el número por su unidad radica en el número 10 pero en lo referente a su potencialidad en el número 4. Por eso los pitagóricos solían invocar a la tétrada como su juramento más solemne: por el que transmitió a nuestra generación la *tetractys*, que contiene la fuente y la raíz de la naturaleza eterna[22].

[22] Kirk y Raven, *Los filósofos presocráticos*, 324-325.

A los pitagóricos se les atribuye una sorprendente innovación en la cosmología, al desplazar la Tierra de su posición central. Estos la pensaron como un cuerpo celeste moviéndose en círculos al igual que la Luna, el Sol o los planetas. La Tierra, en este sistema, se mueve alrededor de un "fuego central" y existe a su vez un planeta análogo (Contratierra), que siempre está oculto y que justifica por qué no podemos ver el fuego central. Tal y como muestra Aristóteles, la existencia de ese fuego central y de la Contratierra se explicaría, dentro de la filosofía pitagórica, por la necesidad de proponer la existencia de un sistema de diez órbitas, que responden a la perfección del número diez[23].

El más conocido de sus logros para el lector moderno es el teorema de Pitágoras (en un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados). No sobra aclarar que este teorema era bien conocido en Babilonia, y por lo tanto su origen data de mucho más atrás[24].

Aunque heredera de los babilonios y egipcios, y motivada por las necesidades prácticas de la astronomía para la construcción de un calendario y de un mejor conocimiento del clima, la nueva forma de hacer filosofía llevó a que el conocimiento astronómico se encaminara por vías distintas, que le dieron a la cosmología griega rasgos particulares. El estrecho vínculo que se forjó con la geometría en las tradiciones pitagóricas y platónicas llevó a formas abstractas de representación, en las que la astronomía no solo ayudó a perfeccionar un mecanismo celestial ordenado, sino que fortaleció una relación directa y explícita entre la geometría y las teorías cosmológicas.

La idea de un orden geométrico para un cosmos regido por principios matemáticos tendrá seguidores y un impacto notable en el pensamiento occidental. El círculo y la esfera serán las figuras geométricas perfectas por excelencia. La Tierra y los cuerpos celestes son siempre concebidos de forma esférica y sus movimientos alrededor de la Tierra son círculos perfectos.

Según los pitagóricos, la necesidad de un orden matemático se expresa en la naturaleza de múltiples formas. Por su tamaño y velocidad, el movimiento de cada uno de los cuerpos celestes habría producido un sonido particular, y el conjunto de todos habría dado origen a una especie de concierto en completa armonía, la llamada "música de las esferas". La armonía de las esferas generaría una música perfecta que no escucharíamos porque está allí desde que nacemos y que tal vez podemos identificar con el silencio.

Con los pitagóricos, en el siglo V a. C, se consolida el planteamiento de un sistema matemático del universo, que en adelante será un problema central de la filosofía y de la ciencia occidentales. Esa idea de que es posible conocer

[23] Lloyd, *Early Greek Science*, 28-29.
[24] *Ibid.*, 31-32.

el universo por medio de las matemáticas como un lenguaje divino, también formó parte de una tradición platónica, a la cual se sumarán importantes pensadores del Renacimiento europeo como Galileo, Kepler y Newton, protagonistas de la llamada revolución científica de los siglos XVI y XVII que identificamos con el nacimiento de la ciencia moderna.

Capítulo II

PLATÓN: UN COSMOS DE FORMAS ETERNAS E INMUTABLES

Sócrates, el maestro y personaje protagónico de los escritos de Platón, marca una nueva tendencia moral y política en la filosofía griega, pero también Sócrates es un símbolo del gran cometido filosófico por diferenciar el conocimiento (*episteme*) de la simple opinión (*doxa*). Como su maestro, Platón consideró a la política y la moral los fines últimos de la filosofía, pero el gran legado de su obra fue construir una cuidadosa y profunda respuesta a la gran pregunta por la verdad. Impresionado por la certeza y belleza de las matemáticas, y no muy lejano de las ideas de Pitágoras, Platón argumentó que el conocimiento, o la verdad, es una y eterna. Dicha certeza absoluta solo es posible en un mundo de ideas abstractas, formas o esencias que existen de manera autónoma, por fuera del tiempo y del espacio, de modo independiente de la experiencia sensible, de las cosas materiales, concretas y particulares.

Platón (Atenas, Grecia, 427-347 a. C.)

Discípulo de Sócrates y, a su vez, maestro de Aristóteles, Platón es una figura central en la historia de la filosofía griega. Sus escritos cubrieron los ámbitos de la política, la epistemología, la teología y la cosmología. Dentro de sus obras de madurez más destacadas, la mayoría de ellas escritas en forma de diálogo, se encuentran *El Banquete*, *La República*, *Fedón*, *Parménides* y el *Timeo*. Platón es reconocido por su "teoría de las ideas", según la cual existe una realidad inteligible, perfecta y pura —el mundo de las ideas eternas e inmutables—, en contraste con lo material transitorio e imperfecto. Hacia el año 387 a. C., en las cercanías de Atenas, Platón fundó la Academia, una especie de escuela en la cual se compartían y enseñaban conocimientos sobre matemática, medicina, astronomía y política. Uno de los alumnos más destacados de esta institución fue Aristóteles, quien más tarde también fundó un centro de enseñanza llamado el Liceo.

Así, para Platón, la realidad está compuesta de ideas y formas. Todo aquello que percibimos con nuestros sentidos es el reflejo de un mundo eterno de formas abstractas. Un hombre en particular es un hombre no por sus atributos específicos sino porque forma parte de una idea general, abstracta y universal de hombre. Los árboles y los perros del mundo son árboles o perros en la medida en que son expresiones más o menos fieles de las ideas de árbol o de perro. En *La República*, para explicar la teoría de las formas, Platón se refiere a la diferencia que hay entre las distintas mesas que puede construir un carpintero, y la idea de mesa que existe en la mente del carpintero. Las mesas particulares son intentos, todos imperfectos, de recrear la idea de mesa.

De manera similar, si suponemos, como lo hace Platón, la existencia de un artesano del mundo, de un demiurgo, este habría construido el cosmos y todos sus componentes de acuerdo con una idea o plan del mundo y de las cosas. Así, lo que vemos en el mundo material son copias imperfectas de las ideas o formas que preceden lo material. En su famosa "alegoría de la caverna", en el libro VII de *La República*, Platón recrea un diálogo entre Sócrates y Glauco que puede ser una buena manera de presentar la teoría platónica de las formas y de las ideas:

> Imagina un antro subterráneo, que tenga en toda su anchura una abertura que dé libre paso a la luz, y en esta caverna, hombres encadenados desde la infancia, de suerte que no puedan mudar de lugar ni volver la cabeza a causa de las cadenas que les sujetan las piernas y el cuello, pudiendo solamente ver los objetos que tienen enfrente. Detrás de ellos, a cierta distancia y a cierta altura, supóngase un fuego cuyo resplandor los alumbra, y un camino elevado entre este fuego y los cautivos. Supón a lo largo de este camino un tabique, semejante a la mampara que los titiriteros ponen entre ellos y los espectadores, para exhibir por encima de ella las maravillas que hacen.
>
> —Ya me represento todo eso —dijo.
>
> —Figúrate ahora unas personas que pasan a lo largo del tabique llevando objetos de toda clase, figuras de hombres, de animales de madera o de piedra, de suerte que todo esto sobresale del tabique. Entre los portadores de todas estas cosas, como es natural, unos irán hablando y otros pasarán sin decir nada.
>
> —¡Extraños prisioneros y cuadro singular! —dijo.
>
> —Se parecen, sin embargo, a nosotros punto por punto —dije—. Por lo pronto, ¿crees que pueden ver otra cosa, de sí mismos y de los que están a su lado, que las sombras que el fuego proyecta enfrente de ellos en el fondo de la caverna?
>
> —¿Cómo habrían de poder ver más —dijo—, si desde su nacimiento están precisados a tener la cabeza inmóvil?
>
> Y respecto de los objetos que pasan detrás de ellos, ¿pueden ver otra cosa que las sombras de los mismos?

—¿Qué otra cosa, si no?

—Si pudieran conversar unos con otros, ¿no convendrían en dar a las sombras que ven los nombres de las cosas mismas?

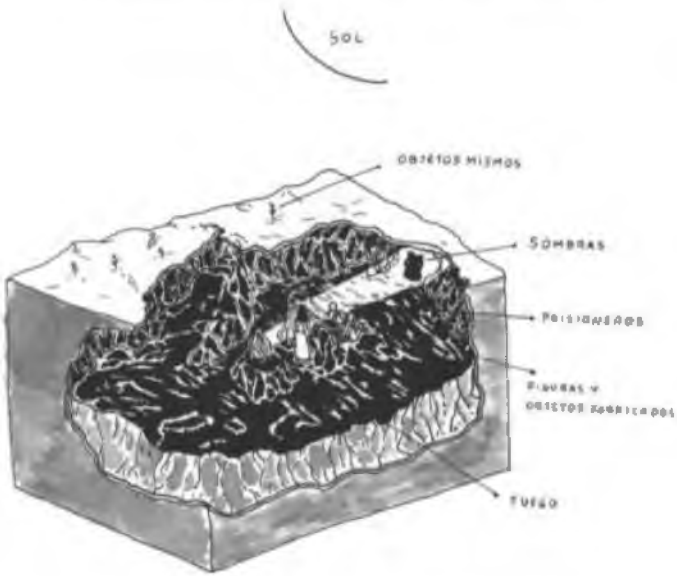
—Por fuerza.

—Y si en el fondo de su prisión hubiera un eco que repitiese las palabras de los transeúntes, ¿se imaginarían oír hablar a otra cosa que a las sombras mismas que pasan delante de sus ojos?

—¡No, por Zeus! —exclamó.

—En fin, no creerían que pudiera existir otra realidad que estas mismas sombras de objetos fabricados —dije yo[1].

IMAGEN II.1. *El mito de la caverna de Platón*



En el mito de la caverna, Platón imagina a los hombres prisioneros en una especie de cueva en la cual solo pueden ver sombras de las cosas, apariencias distorsionadas del mundo exterior que los humanos consideran reales.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

[1] Platón, *La República o el Estado*, editado por Miguel Candel, traducido por Patricio de Azcárate (Madrid: Espasa Calpe, 2006), 292-293.

Para Platón los hombres viven en un mundo de "sombras", apariencias de un mundo cuya realidad trasciende los sentidos y la experiencia. Esta concepción idealista llevó a Platón a considerar el mundo observable como algo transitorio y, de alguna manera, la experiencia como irrelevante en la búsqueda de la verdad. El estudio del mundo material nos es útil como medio para poder llegar a comprender el orden divino de la naturaleza, y para alcanzar este conocimiento es preciso superar las apariencias, abandonar el engaño de los sentidos y las sensaciones. El reino de las formas es inmóvil, inmaterial, no por eso irreal; el mundo de lo material es transitorio y objeto de cambio. El camino a la verdad no está en la experiencia del mundo exterior, y nuestros sentidos son insuficientes para el conocimiento de lo real. Por el contrario, conocer es un acto de la mente, aprender es recordar o reconocer aquellas ideas eternas e inmutables. Veamos esto en un fragmento del diálogo *Menón*:

Menón: Sí, Sócrates, pero ¿cómo es que dices eso de que no aprendemos, sino que lo que denominamos aprender es reminiscencia? ¿Podrías enseñarme que es así? [...]

Sócrates: [...] Llámame a uno de tus numerosos servidores que están aquí, al que quieras, para que pueda demostrártelo con él. [...] Pon entonces atención para ver entonces qué te parece lo que hace: si recuerda o está aprendiendo de mí. [...] (Sócrates se dirige al servidor) Dime entonces, muchacho, ¿conoces que una superficie cuadrada es una figura así? (la dibuja).

Servidor: Yo sí.

Sócrates: ¿Es, pues, el cuadrado una superficie que tiene todas estas líneas iguales, que son cuatro?

Servidor: Perfectamente.

Sócrates: ¿No tienen también iguales estas trazadas por el medio?

Servidor: Sí.

Sócrates: ¿Y no podría una superficie como esta ser mayor o menor?

Servidor: Desde luego.

Sócrates: Si este lado fuera de dos pies y este otro también de dos, ¿cuántos pies tendría el todo? Míralo así: si fuera por aquí de dos pies, y por allí de uno solo, ¿no sería la superficie de una vez dos pies?

Servidor: Sí.

Sócrates: Pero puesto que es de dos pies también aquí, ¿qué otra cosa de dos veces dos resulta?

Servidor: Así es.

Sócrates: ¿Luego resulta, ciertamente, dos veces dos pies?

Servidor: Sí. [...]

Sócrates: ¿Ves, Menón, que yo no le enseño nada, sino que le pregunto todo? Y ahora él cree saber cuál es el largo del lado del que resultará una superficie de ocho pies, ¿o no te parece?

Menón: A mí sí.

Sócrates: ¿Pero lo sabe?

Menón: Claro que no [...]

Sócrates: Observa cómo él va a ir recordando en seguida, cómo hay, en efecto, que recordar [...] (Viene la demostración).

Sócrates: ¿Te das cuenta una vez más, Menón, en qué punto se encuentra ya del camino de la reminiscencia? Porque al principio no sabía cuál era la línea de la superficie de ocho pies, como tampoco ahora lo sabe aún; sin embargo, creía entonces saberlo y respondía con la seguridad propia del que sabe, considerando que no había problema, y como no sabe la respuesta, tampoco cree saberla[2].

Para entender a cabalidad la filosofía platónica es preciso explicar el origen del mundo material y tener presente que para Platón el mundo y el universo en general son el resultado de un diseño racional divino y que existe una divinidad creadora y perfecta: el demiurgo.

Hay que considerar todo el universo —o cosmos, o cualquier otro nombre mejor que haya recibido, designémoselo—; y sobre él hay que considerar primeramente lo que se debe analizar sobre cualquier asunto al comienzo, si siempre existió, sin tener en su comienzo un origen, o si se originó y tuvo comienzo al principio. Se originó, pues es visible y tangible y presenta un cuerpo, y todas estas cosas se pueden percibir por los sentidos [...].

El [demiurgo] quiso que todo fuese bueno y que nada fuese, en la medida de lo posible, mezquino, tomó todo cuanto era visible que no producía tranquilidad, sino que se movía desordenadamente y sin organización, y lo condujo desde el desorden hasta el orden, entendiendo que este era mucho mejor que aquel [...][3].

Esta concepción del mundo, según la cual el pensamiento está por encima de los sentidos, nos lleva a comprender de manera más clara cómo Platón se aproximó al conocimiento astronómico y cosmológico. Para él, el estudio de la astronomía era algo necesario. Aunque reconocía su utilidad práctica para mejorar el calendario y la predicción de las estaciones, veía su verdadera importancia en los aportes teóricos que pudiera hacer a la cosmología. De la mano de las matemáticas, la astronomía nos ayudaría a comprender asuntos más allá de las cosas transitorias. La coherencia matemática y la armonía de un sistema cosmológico se convertirían así en algo mucho más importante que la utilidad o la correspondencia que dicho sistema tuviera con el mundo visible. Para Platón, el lenguaje de las matemáticas era el lenguaje más puro del pensamiento y por lo tanto constituía la verdadera

[2] Platón, *Diálogos* II, traducido por Julio Calonge *et al.* (Madrid: Gredos, 1983), 302-308.

[3] Platón, *Ion, Timeo, Critas*, traducido por José Pérez (Madrid: Alianza Editorial, 2009), 64.

forma de conocer el carácter divino de la naturaleza. Se dice que a la entrada de la Academia se podía leer: "Nadie entre aquí si no sabe geometría".

No hay que olvidar que Platón viajó a Italia y Sicilia, donde pudo tener contacto con tradiciones pitagóricas. Desde esta perspectiva, la geometría estaba por encima del estudio del mundo "físico", el cual corresponde a un diseño racional y opera según principios matemáticos.

El *Timeo* fue uno de los textos de filosofía natural de mayor influencia a lo largo de la Edad Media y el Renacimiento, tanto en el mundo árabe como en el cristiano. Para la tradición hermética y el neoplatonismo, y en general para la filosofía natural, este será un texto fundamental. Una tesis central que se desarrolla a lo largo de las explicaciones que le da Timeo a Sócrates es la unidad de un único universo y las nociones de un solo orden que rige tanto el macrocosmos del mundo celeste como el microcosmos del cuerpo humano.

No deja de ser interesante que este diálogo, dedicado al orden natural, se inicia con una recapitulación por parte de Sócrates de lo ya dicho en el diálogo *La República*, en el cual se ocupa de la política, del orden social. De tal manera que parece evidente que si bien se trata de dos campos del conocimiento distintos, estos son inseparables. También interesante es la invocación que hacen Sócrates y Timeo a los dioses como un requisito para referirse al orden del universo. "Nosotros que vamos a hacer una exposición sobre el todo, en cuanto si ha nacido o no se originó, a no ser que nos desviemos, debemos invocar a los dioses y diosas, y pedirles que hablemos con mucha lógica en todo a ellos y, por consiguiente, a nosotros"[4].

El *Timeo* es el diálogo que nos permite apreciar con mayor claridad las consecuencias de la filosofía de Platón en la cosmología. En primer lugar, expresa sus diferencias con lo que para él es el pensamiento de los *physikoi*, o filósofos presocráticos, que habrían concebido un mundo, una naturaleza, independiente de la divinidad y, por ende, sin plan ni propósito. El mundo platónico sería incomprensible sin su creador. Los *physikoi* y los atomistas habían prescindido del papel de lo divino y con ello de la idea de diseño y propósito en la naturaleza. El demiurgo, para Platón, es un artesano racional, la razón misma, podríamos decir. El demiurgo creó el cosmos a partir del caos, un orden que sigue un plan racional que se impone sobre la materia informe. El mundo, además, tiene en Platón un carácter animista, tiene vida y requiere de un alma: "Puso el alma en el centro de su cuerpo y la extendió por todas partes y cubrió con ella el cuerpo por fuera, formó un solo universo circular [...]"[5]. Sin alma, el universo carece de sentido. Tal y como lo hace evidente, el alma define el orden racional:

[4] *Ibid.*, 63.
[5] *Ibid.*, 69.

> Debe decirse que el alma es el único de los seres a quien le pertenece la razón —pues es invisible, y el fuego, el agua, la tierra y el aire son todos cuerpos visibles— y que todo enamorado de la razón y el conocimiento [filósofo] debe perseguir primeramente las causas de la naturaleza inteligente y, en segundo lugar, las de los que son movidos por otros y los que mueven a otros por necesidad[6].

El demiurgo le dio un alma al mundo, la cual es responsable de todos los movimientos del cosmos. Aquí podemos señalar diferencias notables con el creador de la tradición judeocristiana: el demiurgo platónico no crea de la nada y tiene las limitaciones que le da el mundo material, pero también hay coincidencias fundamentales en la concepción de una naturaleza originada por una mente racional y perfecta. La razón de este creador es la de un matemático que diseña el mundo sobre principios geométricos. Platón reconoce los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego; aunque, con una clara cercanía a los pitagóricos, quiere justificar su realidad sobre principios geométricos. "En primer lugar puso orden en todos y después, a partir de ellos [los cuatro elementos] creó este universo, único ser viviente, con todos los seres mortales e inmortales dentro de sí"[7].

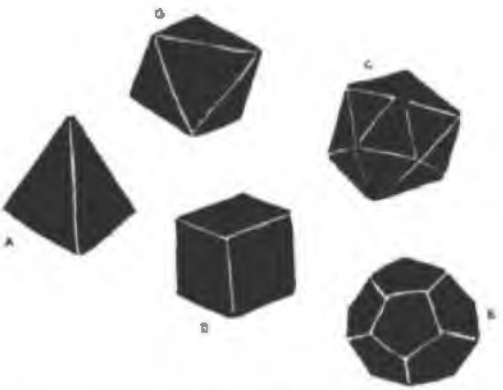
Los cuatro elementos, para Platón, se reducen a triángulos que componen a su vez sólidos perfectos. Los cinco sólidos regulares —el tetraedro, compuesto por cuatro triángulos equiláteros; el cubo, con seis; el octaedro, con ocho; el dodecaedro, con doce pentágonos; y el icosaedro, con veinte triángulos equiláteros— son para Platón el fundamento racional de los distintos elementos. La tierra sería el cubo, el agua el icosaedro, el aire el octaedro y el fuego el tetraedro.

De manera adicional, el más cercano a la esfera, el dodecaedro, se identificaría con el cosmos como un todo. El universo en su totalidad debe responder a la figura geométrica más perfecta: la esfera. "Por ello lo fabricó con forma esférica, distando exactamente lo mismo desde el medio hasta el final, y redondo, la más perfecta y semejante a sí misma de todas las figuras, pensado que lo semejante es diez mil veces más bello que lo distinto"[8].

En el *Timeo*, la astrología encuentra una base filosófica duradera e influyente. Los cuerpos celestes cumplen funciones divinas que definen el orden cósmico, terrestre y humano. "Por obra y decisión del [demiurgo] para que se creara el tiempo surgieron el Sol, la Luna y los otros cinco astros conocidos con el nombre de planetas para determinar y custodiar las medidas del tiempo"[9].

[6] *Ibid.*, 84.
[7] *Ibid.*, 113.
[8] *Ibid.*, 68-69.
[9] *Ibid.*, 74.

IMAGEN II.2. *Los cinco sólidos regulares*



(A) Tetraedro - fuego, (B) octaedro - aire, (C) icosaedro - agua, (D) cubo - tierra, (E) dodecaedro - cosmos.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

La astronomía y el cosmos de Platón suponen una Tierra esférica alrededor de la cual giran los cuerpos celestes, la Luna, el Sol y los planetas. La idea del universo y de la Tierra como esferas perfectas se remonta a Anaximandro y a la tradición pitagórica, pero en el *Fedón* de Platón se expone con total claridad. En palabras de Sócrates: "Estoy convencido de que si [la Tierra] está en el medio del cielo siendo esférica, para nada necesita del aire ni de ningún soporte semejante para no caer, sino que es suficiente para sostenerla la homogeneidad del cielo en sí idéntico en todas direcciones y equilibrio de la Tierra misma"[10].

La imagen de la Tierra como una esfera que flota en el espacio es familiar para nosotros. De hecho, la vemos con frecuencia en hermosas imágenes tomadas desde satélites o naves espaciales. Pero es una idea extraña, tan hermosa como trascendental en la historia de nuestro cosmos. Más de dos mil años antes de que los humanos pudieran ver la Tierra desde el espacio —tal vez los mapas han sido una forma muy antigua de imaginarla—, Sócrates, o mejor, Platón, nos ofrece en el *Fedón* un extraordinario pasaje en el que imagina cómo se vería la Tierra desde muy lejos:

[10] Citado en Jerry Brotton, *Historia del mundo en 12 mapas*, traducido por Francisco Ramos (Bogotá: Penguin Random House, 2014), 54.

> Esa Tierra en su aspecto visible, si uno la contempla desde lo alto, es como una pelota de doce franjas de cuero variopinta, un mosaico de colores, de los que los colores que hay aquí, esos que usan los pintores, son como muestras. Allí toda la Tierra está formada con ellos, que además son más brillantes y más puros que los de aquí. Una parte es purpúrea y de una belleza admirable, otra de aspecto dorado, y otra toda blanca, y más blanca que el yeso o la nieve; y del mismo modo está adornada también con otros colores, más numerosos y más bellos que todos los que nosotros hemos visto[11].

La Tierra que hoy vemos en el espacio, desde satélites en órbita o desde la Luna, es sin duda impactante y hermosa, pero la imaginada por Platón no lo es menos.

La cosmología de Platón, de igual modo, reconoce la trayectoria anual del Sol en la esfera celeste con una inclinación sobre el ecuador y que la Luna cumple ciclos regulares. Sabía de la existencia de cinco planetas: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, y que Mercurio y Venus no se apartan

IMAGEN II.3. *El cosmos de Platón*

Según Platón el cosmos estaría compuesto por un conjunto de esferas concéntricas que giran alrededor de la Tierra.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

[11] *Ibid.*, 54-55.

tanto del Sol. Creía que cada uno tenía una trayectoria propia alrededor de la Tierra con frecuentes retrocesos en su movimiento. Se trata de un universo creado por el demiurgo, como un ente vivo que posee un alma que mantiene el mundo en movimiento.

Una vez expuesto el origen y el orden del gran cosmos, Timeo describe en detalle la creación y estructura del microcosmos humano, el cual obedece, también, a un diseño racional. El planteamiento de dicho orden natural supone una idea de salud y enfermedad en términos de equilibrio. "El porqué surgen las enfermedades es algo por completo evidente. Al ser cuatro los elementos que constituyen nuestro cuerpo, tierra, fuego, agua y aire, la abundancia o carencia de estos más allá de lo natural y la transposición de la sede propia a otra distinta [...] proporcionan disensiones internas y enfermedades"[12].

Después de que Timeo nos ha llevado por una detallada descripción del orden celeste y terrestre, concluye: "Digamos que ahora ya toca a su fin nuestro discurso acerca del universo, el cual, ser vivo visible que contiene seres visibles, imagen sensible de un dios comprensible, después de acoger animales mortales e inmortales y poblarse de esta manera, se convirtió en el más grande y óptimo, el más bello y mejor acabado al ser este universo uno solo"[13].

La regularidad, el orden y la belleza de la naturaleza son el resultado de la inmutabilidad y perfección divina. El *animismo platónico* se opone a visiones mecánicas de la naturaleza y seguirá siendo parte de los debates de la cosmología moderna. Como lo hemos anotado, las primeras páginas del *Timeo* se refieren a las reflexiones de carácter político expresadas en el diálogo *La República* y resulta evidente que la noción de un orden natural es inseparable del orden social.

Sócrates encarna un cambio en la filosofía griega: en lugar de a los asuntos cosmológicos, le otorga prioridad a los asuntos políticos y morales; y la obra de Platón, heredera de la filosofía de su maestro, tiene una dimensión política esencial. La mayoría de comentarios sobre Platón coincide en que *La República* es el texto central y de mayor importancia en la extensa obra del filósofo griego. No sería, de hecho, una exageración afirmar que el fin de toda su filosofía es en últimas político y tiene como problema central el Estado, la justicia y la educación.

La justicia es la virtud política por antonomasia, y la noción platónica de justicia está por encima de todas las normas humanas o casos particulares. Se remonta a la búsqueda de la esencia de lo justo, como el conocimiento de la verdad, no se encuentra en la opinión de los mortales sino en el alma. Las ideas sobre la verdad y el orden del cosmos no son ajenas a su ideal de un

[12] Platón, *Ion, Timeo, Critas*, 128.
[13] *Ibid.*, 141-142.

Estado perfecto, el cual supone una justicia perfecta y un orden absoluto. *La República* de Platón, lejos de ser un manual político o legal, es la búsqueda de fundamentos filosóficos de una sociedad justa.

La polis de *La República* plantea una jerarquía clara: en el nivel más bajo de la sociedad están los trabajadores manuales, hay una intermedia de guerreros y una superior de dirigentes. Estos últimos tienen el derecho de gobernar porque poseen el conocimiento: el filósofo cuenta con la autoridad para gobernar, no para defender sus intereses particulares, sino para ser guardián de un orden y una justicia incuestionable.

Este es el llamado de Sócrates al sofista Calicles en el diálogo *Gorgias:*

> De hecho, Calicles, la opinión de los sabios es que la cooperación, el amor, el orden, la disciplina y la justicia unen el cielo y la tierra, a los dioses y a los hombres. Por esta razón amigo mío, conciben que el universo es un todo ordenado, en vez de un desordenado embrollo o un indisciplinado caos. Me parece que, pese a tu experiencia en este campo, estás pasando por alto este punto. No has presentado atención al gran poder que la igualdad geométrica tiene entre los dioses y los hombres [...][14].

La razón, el orden y la política se hacen uno solo. Es ese orden racional, matemático, el que nos protege de la autoridad del tirano, de los intereses o puntos de vista particulares. La opinión (*doxa*) debe rendirse ante el conocimiento (*episteme*). El poder se debe subordinar a la razón. Las multitudes deben ser vencidas por una autoridad superior: la razón. "Cuando la verdad hace su aparición —nos dice Bruno Latour—, el ágora se vacía"[15].

La herencia de la filosofía de Platón en el pensamiento occidental, como se hará evidente a lo largo de este libro, ha sido monumental, solo comparable tal vez con la de su discípulo Aristóteles. Su influencia sobre la teología cristiana es clara. San Agustín, uno de los más destacados autores del mundo cristiano, construyó su obra sobre fundamentos platónicos. También, en el Renacimiento europeo la emergencia de distintas versiones del platonismo definió el curso de la filosofía y de la ciencia de Occidente.

La teoría de las formas eternas como fin del conocimiento podría hacer del platonismo una filosofía extraña a las ciencias naturales como las entendemos hoy, pero con dificultad podemos reconocer algún modo de conocimiento que renuncie al uso de categorías abstractas, a la búsqueda de definiciones generales, leyes, clases y conceptos que trascienden lo particular.

[14] Citado en Bruno Latour, *La esperanza de Pandora: Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, traducido por Tomás Fernández (Barcelona: Gedisa, 2001), 259.

[15] *Ibid.*, 269.

Astronomía antigua

La astronomía se desarrolló a partir de una necesidad vital de las sociedades antiguas de contar con un calendario exacto que les permitiera regular las actividades agrícolas. La astronomía es crucial para entender nuestra noción del tiempo, el espacio (la cartografía), la navegación, la agricultura, la física y las concepciones del hombre y su lugar en el universo. Los gobernantes de vastos dominios requieren de un calendario simple y unificado, y no podemos pasar por alto el uso de la astrología para predecir los acontecimientos terrestres y humanos. Las relaciones entre la Tierra y los astros son evidentes, empezando por el día y la noche, las estaciones, el clima, las mareas y, por lo mismo, no es extraño que encontremos en los astros señales para predecir el destino humano, en especial aquellas relacionadas con el gobierno. De esta manera, el estudio de los astros es una práctica cuya historia ha estado en estrecha relación con el orden social.

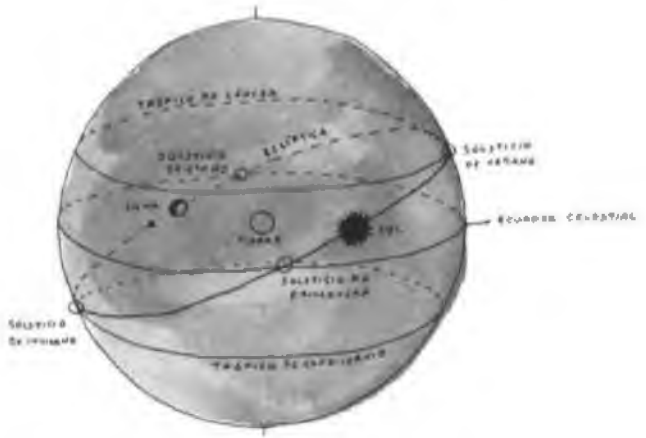
La elaboración de un calendario solar, y el desarrollo de los conocimientos astronómicos que esto supone, tuvo lugar mucho antes de que se iniciara la tradición filosófica griega. En el antiguo Egipto se desarrolló una compleja tradición astronómica. Cuatro mil años antes de Cristo aparece una primera forma de calendario basada en el "ritmo" que tenía el Nilo. Una vez al año, la estrella más brillante del firmamento, Sirio, se encontraba en línea recta con el Sol al amanecer. Este día, al coincidir con el inicio de las inundaciones del Nilo, se fue convirtiendo en el inicio del año Egipcio, que estaba marcado por el festival de los cinco días epagómenos (nombre griego de los cinco días añadidos al ciclo de 360 jornadas para completar el año solar de 365 días).

Los babilonios, por su parte, desarrollaron un calendario y una astronomía basados, ya no en las estrellas, sino en los ciclos lunares. Para el año 2000 a. C., contaban con un año de 360 días, dividido en doce meses de treinta días y, aunque no tenían un año oficial, compensaban de vez en cuando la deficiencia de los cinco días añadiendo otro mes. Para el siglo V a. C. los babilonios tenían uno de los sistemas astronómicos más complejos del mundo antiguo. Asimismo, los babilonios desarrollaron el concepto de semana al nombrar cada día según los planetas, el Sol y la Luna; dividieron el día en dos grupos de doce horas y las horas en grupos de sesenta; fueron los primeros en darles nombres a las constelaciones de estrellas, y fragmentaron la eclíptica en doce constelaciones (el zodiaco), asignándole a cada una un mes del año.

Eudoxo de Cnido y la esfera celeste

La filosofía pitagórica y platónica tuvo consecuencias notables en la historia de la cosmología en Occidente. Discípulo de Platón, Eudoxo de Cnido (ca. 390-337 a. C.) es conocido como el primer astrónomo griego del cual se tenga evidencia de que trabajó con un concepto claro y definido de la esfera celeste, y de haber buscado un sistema armónico (matemático) que explicara en orden el comportamiento de todos los cuerpos celestes. Asimismo, su obra une la astronomía cuantitativa con la cosmología especulativa, recuperando el papel de la observación en la configuración del universo. Los planetas visibles aparecen en su orden —Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno— y se describen las constelaciones, sobre las cuales se dibujan las principales líneas de la esfera celeste: un ecuador, una línea horizontal que divide la esfera en dos partes iguales; la eclíptica con una inclinación aproximada de 23° sobre el ecuador, la cual define la trayectoria del Sol, y las líneas del trópico de verano e invierno. Sobre la eclíptica se reconocen los equinoccios de otoño y primavera (los puntos en los cuales la trayectoria del Sol se cruza con el

Imagen II.4. *La esfera celeste de la tradición platónica*



Esta es la esfera celeste según la tradición platónica, con la Tierra en el centro y sus coordenadas: un eje sobre el cual el mundo gira, el ecuador, la eclíptica y los trópicos de Cáncer y de Capricornio.

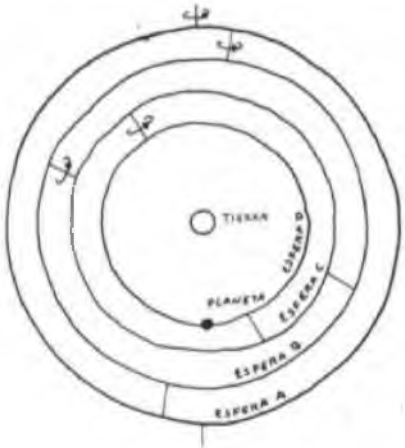
Fuente: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

ecuador); y los solsticios de verano e invierno (los puntos más distantes de la trayectoria del Sol sobre el ecuador), que definen los momentos en el año solar en los que se da inicio a las distintas estaciones.

El sistema de Eudoxo representa el orden celeste a partir de círculos y movimientos circulares. La necesidad de usar este tipo de estructuras responde a las concepciones pitagóricas y platónicas, según las cuales el círculo representaba la perfección y, además, a que sus propiedades matemáticas permitían racionalizar cierto tipo de cálculos. El modelo que vimos en Platón era claro, simple y bello, pero no suficiente para dar cuenta de la complejidad de los movimientos del Sol, la Luna y en particular los de los planetas. Como solución, Eudoxo propuso para cada cuerpo celeste un conjunto de esferas concéntricas que permitían dar cuenta de movimientos irregulares, sin abandonar el principio de movimientos circulares a velocidad constante.

El modelo requería de esferas concéntricas que rotaban sobre su eje a velocidad uniforme, pero dicho eje no estaba fijo, sino que estaba enmarcado en otra esfera que rodeaba a la primera. Cada esfera, en este sistema, cuyo centro era la Tierra, explicaba algún movimiento, ya fuera la aparente rotación diaria, la mensual o la anual. Así, Eudoxo logró explicar todas las

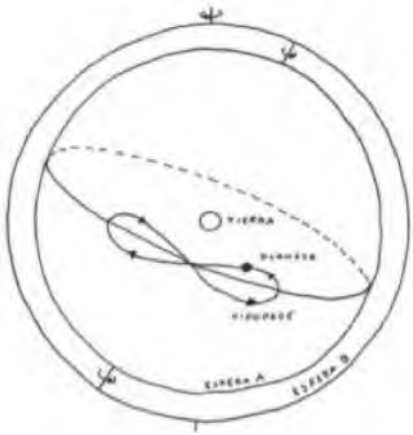
IMAGEN II.5. *Modelo de Eudoxo de Cnido*



En este modelo, cada uno de los planetas requiere de un conjunto de esferas (A, B, C y D) para explicar los movimientos irregulares de los astros sin romper con la idea de movimiento circular a velocidad constante.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN II.6. Hipopede



Con las distintas esferas concéntricas (A y B) que tienen ejes de rotación distintos se pueden explicar movimientos planetarios retrógrados en forma de "8", que Eudoxo llamó *hipopede*.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

irregularidades de los cuerpos celestes manteniendo la figura del círculo y el movimiento uniforme como piedra angular. En total, eran veintisiete esferas: tres para el movimiento de la Luna, tres para el del Sol, cuatro para cada uno de los cinco planetas conocidos y una para las estrellas fijas.

La suma y conjunción de dichas órbitas permitía, por ejemplo, dar cuenta de los movimientos retrógrados que presentan los planetas (véase la imagen II.5.). Las esferas concéntricas rotan con la misma velocidad pero en direcciones opuestas y con ángulos de inclinación variados, de manera que sus trayectorias producen figuras que representan movimientos más complejos, en forma de "8", por ejemplo, al que Eudoxo llamó *hipopede*[16].

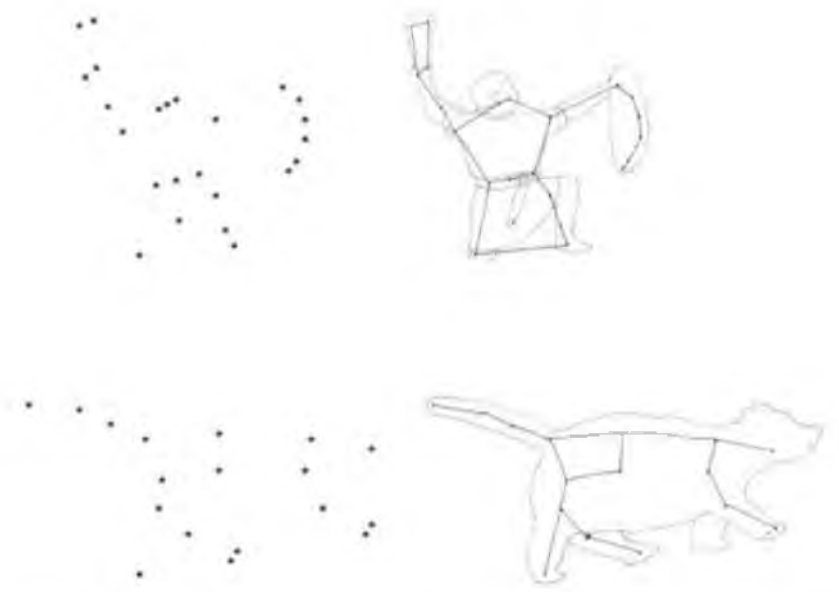
Eudoxo definió también agrupaciones de estrellas (constelaciones) que permitían su reconocimiento en un gran mapa celeste. Es relevante preguntarse por el origen de las figuras que los antiguos vieron en el cielo. ¿Cómo es que todas esas formas animales, humanas o de cosas aparecen en las estrellas? También es interesante el hecho de que diferentes grupos de seres humanos —indígenas americanos, australianos, africanos, babilonios o griegos—, habitando regiones diferentes, aunque algunos observaban las mismas regiones

[16] Lloyd, *Early Greek Science*, 88.

del cielo, es decir, los mismos grupos de estrellas, reconocieron figuras distintas. Esto se debe a que eran sociedades con diversos referentes culturales y las imágenes que veían en el cielo estrellado eran aquellas que consideraban relevantes en su cultura.

El origen de las constelaciones nos permite entender que la concepción que cada hombre tiene del mundo que lo rodea depende del contexto cultural en el cual se encuentra, y que ninguna es más real que otra. Para mencionar un ejemplo, Orión, una de las constelaciones más familiares en la tradición griega, representa un cazador, y las tres estrellas conspicuas que representan el cinturón son conocidas en la tradición cristiana como las Tres Marías. Otros las llaman los Reyes Magos, en la astronomía árabe se relacionan con un collar de perlas y para los egipcios las tres estrellas son la corona de Sah.

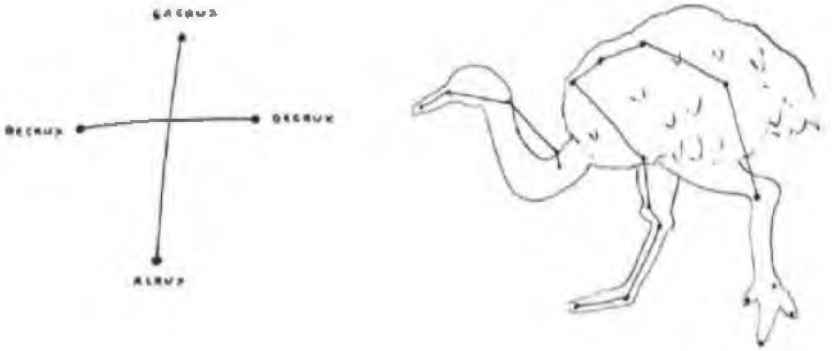
IMAGEN II.7. *Orión y la Osa Mayor*



Dos de las constelaciones más conocidas como son Orión y la Osa Mayor son figuras humanas o animales imaginadas sobre las infinitas posibilidades que hay en una noche estrellada.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN II.8. *Cruz del Sur y diversas interpretaciones*



Un claro ejemplo de las diversas formas en que se pueden organizar las estrellas en constelaciones es la Cruz del Sur, compuesta por cuatro estrellas conspicuas con las cuales podemos imaginar una cruz, figura de obvia importancia para el mundo cristiano. Sin embargo, las mismas estrellas podrían configurar una figura similar a un rombo o, como lo hicieron los nativos americanos del cono sur, ver en estas cuatro estrellas la huella de un ñandú, que es un ave americana sagrada para los mapuches.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

En cualquier caso, la estructura platónica del cosmos de Eudoxo enfrenta y resuelve los principales problemas de la astronomía clásica, creando un modelo que sería aceptado, en sus principios básicos, por Aristóteles y Claudio Ptolomeo, y luego ejercerían una influencia considerable en la astronomía moderna.

El modelo de Eudoxo, fiel a la escuela platónica, es en esencia matemático, sin ocuparse de la realidad física ni pretender explicaciones mecánicas de los movimientos celestes. A pesar del número de esferas concéntricas, el modelo de Eudoxo resuelve parte del problema, pero invita a muchas otras preguntas. Aristóteles tratará de ofrecer una explicación física para el movimiento del cosmos, pero no será hasta la propuesta de Claudio Ptolomeo, cuatrocientos años más tarde, que el modelo de Eudoxo tendrá un sustituto que lo supere.

¿Qué vemos en el cielo?

Es importante tener en cuenta que el telescopio no se utilizaría para fines astronómicos sino hasta principios del siglo XVII (véase el apartado dedicado a Galileo, en el capítulo XV) y que la astronomía de la que nos estamos ocupando se basa en observaciones a ojo, un hecho que puede ser fácil de subestimar. Las fuentes históricas nos indican que el uso de instrumentos como el gnomon para hacer observaciones astronómicas data de aproximadamente el siglo III a. C.

La astronomía griega o antigua requería de una capacidad de observación que no posee el hombre moderno. Para el desarrollo de la astronomía es necesario tener acceso a datos observacionales tomados periódicamente durante largos lapsos que permitan reconocer aspectos tales como los ciclos planetarios y el movimiento de las estrellas a lo largo del año. Por lo tanto, para hacernos una idea de las prácticas astronómicas en la Antigüedad, es importante entender cuáles son los objetos celestes visibles, así como la forma en que estos se comportan a lo largo de extensos periodos observacionales.

Los objetos celestes más notables sin instrumentos son: el Sol, la Luna, cinco planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), miles de estrellas (que fueron ordenadas en grupos y figuras en el cielo) y algunos fenómenos ocasionales como eclipses, cometas y estrellas fugaces. Todo lo anterior, como es natural, supone que la Tierra es inmóvil y está en el centro del universo. Nuestro sentido común y nuestra experiencia nos indican que las estrellas, los planetas, al igual que el Sol y la Luna, se mueven de manera circular alrededor de la Tierra. El comportamiento que sigue cada uno de ellos a lo largo de periodos de uno o varios años es un poco más complejo y vamos a tratarlos por separado.

Las estrellas

En primer lugar, encontramos que todas comparten un único y uniforme movimiento de rotación de oriente a occidente y su órbita parece ser circular, además vemos que algunas tienen órbitas largas que pasan sobre nuestras cabezas y son visibles durante toda la noche, y otras tienen órbitas cortas y son observables únicamente por algunas horas al amanecer o al atardecer. Para el reconocimiento y detallado seguimiento de las estrellas ha sido necesario clasificarlas en grupos que conforman figuras que hoy conocemos como constelaciones.

El Sol

Si observamos de forma continua el amanecer y el atardecer durante todo el año, vemos que el lugar por donde sale y se oculta el Sol en el horizonte no es el mismo y que el momento exacto del amanecer y el atardecer puede variar a lo largo del año. Aunque el Sol sale siempre por el oriente, según la época del año se desplaza un poco hacia el norte o hacia el sur regresando cada 365,25 días a la misma posición. También podríamos observar que, si midiéramos la sombra que arrojan los objetos al mediodía, todos los días, a lo largo de este periodo, esta varía de manera sustancial. En el caso de las regiones que se encuentran cerca del ecuador, cuando sale por sus extremos norte y sur, la sombra que genera es larga. A medida que se acerca a la mitad de su recorrido en el horizonte, la sombra generada al mediodía es mínima. Este fenómeno varía dependiendo de si las observaciones se hacen desde los hemisferios norte o sur, o desde el ecuador. Así mismo, el camino que sigue el Sol con relación a las estrellas se repite de forma periódica durante el año, generando una línea imaginaria (lo que hoy conocemos como la eclíptica). Los grupos de estrellas que atravesaban esta línea fueron agrupados por los antiguos para dar origen a las constelaciones del zodiaco.

La Luna

Las fases y el movimiento de la Luna presentan diferencias notables con el comportamiento del Sol y las estrellas, y su estudio es de central importancia en el desarrollo de la astronomía y del calendario. Al igual que el Sol, la Luna parece viajar en círculos de este a oeste, pero su órbita no coincide con la que describe el Sol, es decir, con la eclíptica; a veces está al norte de esta, a veces al sur.

La Luna se presentó como referencia central del calendario, y de ahí la importancia de poder predecir su comportamiento. El ciclo que describía entre sus cambios de fase tenía una función fundamental para la religión, la agricultura y los ciclos de fertilidad de la naturaleza. Sin embargo, la descripción matemática y sincrónica de tal ciclo y sus relaciones con los demás astros presentó serias dificultades astronómicas. Para comenzar, los ciclos lunares no coincidían con el año solar (no hay un número exacto de meses lunares que coincida con el año solar: el mes lunar equivale a 29,5 días; mientras que el año solar, a 365,25 días). Esto tiene como consecuencia desajustes en los calendarios que explican por qué muchos de los esfuerzos teóricos en la historia de la astronomía antigua estaban dirigidos a establecer un calendario que armonizara la Luna y el Sol.

Los planetas

Fueron cinco los planetas conocidos por los antiguos (aquellos visibles a simple vista): Marte, Júpiter y Saturno (planetas superiores), y Mercurio y Venus (planetas inferiores). Para los griegos la palabra *planeta* significaba 'errante', término que hace referencia a la irregularidad de sus movimientos. En lugar de moverse hacia el oeste como el Sol, la Luna y las estrellas, los planetas parecen detenerse y regresar describiendo en el cielo figuras parecidas a un bucle (*loop*). Aunque hoy en día explicamos este fenómeno con la teoría de las órbitas elípticas propuesta por Kepler en el siglo XVII y en el marco de un sistema que tiene como centro el Sol, para los antiguos esto era algo impensable, ya que el universo dentro de su perfección respondía a movimientos circulares alrededor de la Tierra inmóvil.

Capítulo III

ARISTÓTELES: LA NATURALEZA EN MOVIMIENTO

Entre los discípulos de la Academia platónica sobresale uno en particular, el hijo del médico del rey de Macedonia. Es muy probable que Aristóteles fuera un alumno difícil, irreverente, curioso, crítico y sin duda brillante. La magnitud de su obra y su influencia en la historia de la ciencia y de la cultura es única. Muchas de las ramas de lo que hoy conocemos como filosofía —lógica, ética, metafísica, teología, política— y algunas de las más importantes áreas de las ciencias naturales —como la física, la astronomía, la historia natural—, al igual que la historia o la literatura tienen como referencia obligada el trabajo de Aristóteles. Su obra ha tenido un impacto sobre el mundo intelectual de Occidente por más de dos mil años, como la de ningún otro pensador. Algunos de sus escritos formaron parte central de los *curricula* de las universidades europeas desde su aparición en el siglo XIII hasta el tardío Renacimiento. Como lo veremos una y otra vez, el mundo griego, el helenismo, el islam, la ciencia árabe, la teología cristiana y los grandes cambios de la filosofía natural del Renacimiento tienen una deuda evidente con la obra de Aristóteles.

Aristóteles (Estagira, Grecia, ca. 384-322 a. C.)

Su padre, llamado Nicómaco, era el médico del rey del imperio de Macedonia, Amintas III, abuelo del emperador Alejandro Magno, a su vez discípulo de Aristóteles. Sus estudios cubrieron amplios y diversos temas como la física, la historia natural, la astronomía, la ética, la epistemología, la política, la lógica y la literatura, entre otros. Aunque vivió hace más de dos mil años, aún hoy continúa siendo un referente importante en varios de los campos ya mencionados. Entre sus tratados más reconocidos podemos mencionar *Física, Sobre el cielo, Metafísica, Sobre el alma, Ética a Eudemo, Historia de los animales, Ética a Nicómaco, Política, Retórica y Poética.*

Aristóteles fue alumno de Platón en la Academia, de la cual fue miembro por veinte años hasta la muerte de su maestro, de quien tomó distancia hasta consolidar su propio sistema filosófico. En particular, Aristóteles no compartió la teoría

platónica de las formas inmutables. Por el contrario, resaltó la importancia de la experiencia (los sentidos) en el conocimiento, la necesidad de entender las causas de los fenómenos, y la construcción de un entendimiento desde lo particular hacia lo general. Todos ellos se convertirían en pilares y bases de la ciencia occidental. Hacia el año 336 a. C., Aristóteles fundó en Atenas el Liceo, en el cual enseñó durante la última parte de su vida.

Los textos de Aristóteles que conocemos tuvieron el propósito de ser notas para la enseñanza y no es tan obvia la coherencia de un sistema filosófico único. No obstante, es posible reconocer una tradición, una filosofía aristotélica con rasgos propios, que intentaremos describir con algún detalle. Su obra completa y la diversidad de temas de los que se ocupó están por fuera del alcance de este libro, y no es nuestra intención cubrir todos sus aportes a la historia de la filosofía y de las ciencias. Nos ocuparemos, con cierto cuidado, de sus contribuciones en los terrenos de la epistemología, la física y la cosmología.

El problema del conocimiento

Para entender la filosofía natural de Aristóteles es necesario tener claridad sobre las bases epistemológicas de su pensamiento y qué era según él una verdadera filosofía. Su teoría del conocimiento se encuentra de manera explícita en su tratado de lógica, el *Organum*, y en particular en su *Analíticos posteriores*, en el que la noción griega de *episteme* adquiere un sentido específico.

El conocimiento tiene lugar cuando "conocemos la causa de la cual depende un hecho" y dicho conocimiento se produce por una demostración, *apodexis*, una forma de silogismo[1]. El hecho de que se considere a Aristóteles el padre de la lógica tiene que ver con su esfuerzo por formalizar sistemas de pensamiento mostrando de qué manera la validez de un argumento se puede determinar por su forma y no por su contenido. El clásico ejemplo de un silogismo válido es: "Todos los hombres son mortales, Sócrates es un hombre; por ende, Sócrates es mortal". Si la premisa inicial es válida, dada la estructura del argumento, la conclusión es de igual manera válida. Su afán por definir las reglas de juego de un conocimiento verdadero formará parte de toda

[1] Lloyd, *Early Greek Science*, 99.

su obra, incluyendo, de la misma manera que lo hizo su maestro, la ética y la política como campos del conocimiento racional.

Resulta inevitable pensar en la filosofía de Aristóteles en contraposición con la de Platón, para quien el conocimiento no está en los particulares ni en el mundo material, sino en entidades abstractas y universales. Para Aristóteles, por el contrario, las formas abstractas no pueden existir de manera independiente de los objetos particulares. El punto de partida del conocimiento, según Aristóteles, no es un mundo de formas abstractas e ideas, como lo era para Platón, ni tampoco de números, como lo era para los pitagóricos. Por el contrario, para él, la base del conocimiento está en la experiencia del mundo físico que nos rodea.

Aristóteles consideraba que las matemáticas son parte importante de la filosofía, pero más que ser la esencia misma del conocimiento son una herramienta, un medio para el conocimiento de la naturaleza. De ahí el famoso aforismo aristotélico: "No hay nada en la mente que no haya pasado por los sentidos". De manera muy distinta a su maestro, Aristóteles creía que la mente de cada individuo al nacer es como una hoja en blanco, que solo recibe impresiones por medio de los sentidos. Pero como el conocimiento es conocimiento de universales y no de particulares, Aristóteles debe explicar cómo, a partir de percepciones de individuos, llegamos a conceptos que únicamente existen en la mente y no en la realidad. Así, Aristóteles toma distancia de su maestro para reclamar un fundamento más empírico para el conocimiento:

> Todos los hombres por naturaleza desean saber. Señal de ello es el amor a las sensaciones. Estas, en efecto, son amadas por sí mismas, incluso al margen de su utilidad y más que todas las demás, las sensaciones visuales. Y es que no solo en orden a la acción, sino cuando no vamos a actuar, preferimos la visión a todas las demás. La razón estriba en que esta es, de las sensaciones, la que más nos hace conocer y muestra múltiples diferencias[2].

El estagirita tenía la convicción de que a partir de la experiencia y la razón podemos acceder a nociones universales y a la esencia de un objeto, esto es, aquello que hace que una cosa sea lo que es.

Su distanciamiento del platonismo parece definir los principios de dos escuelas de pensamiento cruciales en buena parte de la historia de la filosofía en Occidente. Platón y Aristóteles estructuraron dos teorías del conocimiento con visiones opuestas sobre el papel de la experiencia y de la razón, dos formas muy distintas de entender la relación entre las matemáticas y la naturaleza, que se convirtieron en las posiciones antagónicas entre las cuales se han debatido filósofos y científicos desde la Antigüedad hasta el presente.

[2] Aristóteles, *Metafísica*, 69-70.

Otra idea platónica de la cual Aristóteles toma distancia es la de un demiurgo creador del mundo. El mundo es eterno y su orden no necesita del diseño de un creador externo, no obstante, el orden natural sigue siendo una condición necesaria para el conocimiento. Dicho orden natural se fundamenta en una filosofía de la causalidad. Conocer, para Aristóteles, es saber la causa de las cosas. Dicha afirmación está en el corazón de su filosofía natural y merece atención. Aristóteles se refiere a cuatro tipos de causas: esencial, material, eficiente y final.

> Es obvio, pues, que necesitamos conseguir la ciencia de las causas primeras (desde luego, decimos saber cada cosa cuando creemos conocer la causa primera). Pero de "causas" se habla en cuatro sentidos: de ellas, una causa decimos que es la entidad, es decir, la esencia (pues el por qué se reduce, en último término, a la definición, y por qué primero es causa y principio) la segunda, la materia, es decir, el sujeto; la tercera, de dónde proviene el inicio del movimiento, y la cuarta, la causa opuesta a esta última, aquello para lo cual, es decir, el bien (este es, desde luego, el fin a que tienden la generación y el movimiento)[3].

La primera causa, la llamada causa *formal o esencial*, nos explica la esencia que ha hecho que esa materia sea lo que es y no cualquier otra cosa; la segunda es la causa *material*, es decir, aquella que responde a la pregunta por la materia de la cual están compuestas las cosas; la tercera es la causa *eficiente*, que nos permite saber quién o qué hizo posible su existencia, y por último, está la causa *final*, la cual establece cuál es el propósito o fin del objeto. Si pensamos en artefactos, objetos fabricados por el hombre, podemos dar fácil respuesta a cada una de estas preguntas. Veamos un ejemplo para ilustrar estas ideas: si consideramos un violín, decimos que la causa material es la madera de la cual está hecho el violín; la causa formal es la esencia del violín, es decir, lo que hace que el violín sea ese y no otro instrumento (su forma y su sonido peculiares); la causa eficiente es el fabricante de violines y el proceso mismo de producción, y, por último, la causa final sería la de producir música.

La causa final amerita una explicación más cuidadosa, ya que esta concepción teleológica de la naturaleza no solo es definitiva en la filosofía de Aristóteles, sino que será determinante en el desarrollo posterior de la historia del pensamiento occidental. Las nociones de finalidad y diseño serán objeto de múltiples interpretaciones a lo largo de la historia de la verdad en Occidente. Este lenguaje teleológico usado por Aristóteles será parte fundamental de la concepción cristiana del mundo y seguirá presente en las ciencias naturales modernas. El darwinismo supone un ataque a la idea de

[3] *Ibid.*, 79-80.

finalidad en la naturaleza, pero pasarían más de veinte siglos antes de que fuera plausible la idea de una naturaleza sin propósitos.

> Así pues, ya que se piensa que las cosas suceden o por coincidencia o por un fin, y puesto que no es posible que sucedan por coincidencia ni que se deban a la casualidad, sucederán entonces por un fin. Ahora bien, todas estas cosas y otras similares son por naturaleza, como lo admitirían los que mantienen la anterior argumentación. Luego en las cosas que llegan a ser y son por naturaleza hay una causa final.
>
> Además, en todo lo que hay un fin, cuanto se hace en las etapas sucesivamente anteriores se cumple en función de tal fin. Pues las cosas están hechas de la manera en que su naturaleza dispuso que fuesen hechas, y su naturaleza dispuso que fuesen hechas de la manera en que están hechas, si nada lo impide. Pero están hechas para algo. Luego han sido hechas por la naturaleza para ser tales como son. Por ejemplo, si una casa hubiese sido generada por la naturaleza, habría sido generada tal como lo está ahora por el arte. Y si las cosas por naturaleza fuesen generadas no solo por la naturaleza sino también por el arte, serían generadas tales como lo están ahora por la naturaleza. Así, cada una espera la otra. En general, en algunos casos el arte completa lo que la naturaleza no puede llevar a término, en otros imita a la naturaleza. Por lo tanto, si las cosas producidas por el arte están hechas con vistas a un fin, es evidente que también lo están las producidas por la naturaleza; pues lo anterior se encuentra referido a lo que es posterior tanto en las cosas artificiales como en las cosas naturales[4].

El término griego *telos*, o la expresión latina *finis*, 'fin', en este caso es sinónimo de 'propósito', 'objetivo' o 'meta', de ahí el término *teleología*, 'la ciencia de los fines o las metas'. De esta manera, para Aristóteles, el conocimiento de la naturaleza es inseparable del conocimiento de los fines y de la función —el para qué— de las cosas dentro del orden natural. Este es un lenguaje muy familiar entre nosotros hoy en día. Incluso, lo siguen usando biólogos darwinistas del siglo XXI para explicar las funciones de órganos o características de animales o plantas que parecen obedecer a planes o propósitos. Los patos tienen membranas entre los dedos para nadar o los colibrís picos largos para robar néctar de las flores. Para que este tipo de razonamiento tenga sentido, tenemos que asumir que la naturaleza siempre opera con una meta determinada. En el libro II de *Física*, Aristóteles explica:

> Es absurdo no pensar que las cosas llegan a ser para algo si no se advierte que lo que efectúa el movimiento lo hace deliberadamente [...]. Esto se ve con más claridad en el caso del médico que se cura a sí mismo; a él se asemeja la naturaleza.

[4] Aristóteles, *Física*, 71-72

> Así pues, es evidente que la naturaleza es una causa, y que lo es como causa que opera para un fin[5].

La filosofía, según el pensador griego, debe dar respuesta a la pregunta del porqué de las cosas y la descripción de las propiedades de un objeto, incluso las cualidades medibles y expresadas en cantidades no pueden ofrecer una explicación completa de la realidad.

Aceptar que el universo obedece a un plan ordenado no implica afirmar que es la obra y el resultado de un diseñador inteligente, tal y como lo era para Platón o lo es para la tradición cristiana. Aristóteles consideraba que el cosmos era eterno, no creado, y no había lugar para un creador que lo precediera. La causa final última, la que es principio de todo el movimiento en el universo, tenía para Aristóteles una explicación metafísica elaborada y suponía una causa primera, un motor que, sin moverse, generara el movimiento de todo lo demás: el *motor inmóvil*. La idea de causa, para poder ser identificada con el Dios de la tradición judeocristiana, supondría un trabajo filosófico complejo que estudiaremos en la teología medieval.

La *Física* de Aristóteles y la idea de cambio

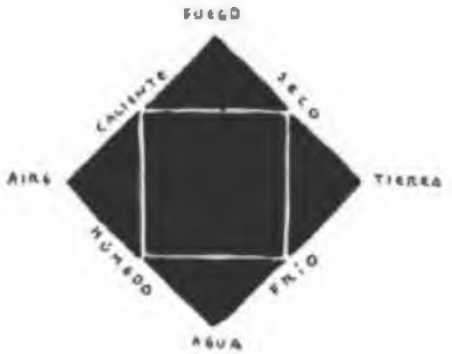
Si bien el término *física*, como lo entendemos hoy, está bastante lejos de la idea de *physis* (naturaleza) de los griegos, podemos intentar resumir la manera como Aristóteles entendió el estudio de la naturaleza: la filosofía debe dar respuesta a la pregunta sobre la causa material, eficiente, formal y final, lo cual es inseparable del problema central del cambio (*kinesis*). El cambio, el devenir mismo de la naturaleza, el paso del ser al no ser, o el proceso mediante el cual una cosa deja de ser lo que es para ser otra cosa, encierra una de las cuestiones fundamentales de la filosofía, tanto en la antigua Grecia, como en toda la historia de la filosofía y las ciencias en Occidente.

Para empezar, siguiendo la tradición de los elementos de Empédocles, el mundo está compuesto por cuatro elementos terrestres —fuego, aire, agua y tierra— y un quinto elemento celeste: el éter. Aristóteles coincide con Platón al afirmar que los cuatro elementos primarios eran reductibles a algo aún más fundamental: la sustancia. Sin embargo, no compartía con él su inclinación matemática ni su explicación geométrica, que supone una correspondencia de los elementos con los sólidos regulares. Aristóteles abordó el problema desde una perspectiva en la que el fundamento no se basaba en figuras geométricas perfectas, sino en la experiencia sensorial.

Aristóteles justifica los elementos primarios a partir de dos pares de cualidades sensibles: caliente-frío y húmedo-seco. La combinación de estas

[5] *Ibid.*, 74.

IMAGEN III.1. *Los cuatro elementos según Aristóteles*



Explicación aristotélica de los cuatro elementos y su relación con las cualidades sensibles. El calor, el frío, la humedad o sequedad definen la realidad de cuatro elementos fundamentales: tierra, agua, aire y fuego.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

produce cada uno de los cuatro elementos de la siguiente manera: frío y seco producen la tierra; frío y húmedo, el agua; caliente y húmedo, el aire, y caliente y seco, el fuego (véase la imagen III.1.). Este tipo de relaciones entre las cualidades de los distintos elementos explicaría el cambio entre una sustancia y otra, lo cual se convertiría en una teoría acogida y desarrollada por la tradición alquimista.

El mundo supralunar o celeste no se compone de ninguno de los cuatro elementos sino de un quinto llamado *ether*, cuya naturaleza es superior, propia de los cuerpos celestes.

El problema de la filosofía natural no se termina con la respuesta sobre la causa material de las cosas; la pregunta entonces es sobre el devenir de una realidad en permanente movimiento. A diferencia de la realidad platónica, que es inmutable, según Aristóteles la realidad está en permanente cambio. Por lo tanto, la noción de cambio es fundamental en la cosmología aristotélica. Conocer la naturaleza es, en últimas, entender el cambio. Este punto de vista sobre la realidad del cambio es consecuente con una mayor importancia del mundo material. "Porque la naturaleza es un principio y causa del movimiento o del reposo en la cosa a la que pertenece primariamente y por sí misma, no por accidente"[6]. Para entender la noción de cambio

[6] *Ibid.*, 45.

(*kinesis*) en la tradición aristotélica, es preciso, en primer lugar, hacer una breve mención sobre cómo la filosofía, antes de Aristóteles y Platón, había enfrentado el problema del cambio.

Uno de los primeros en plantear el problema del cambio como tema central de la filosofía fue Heráclito, quien defendió como esencial a la naturaleza la realidad del cambio. Se le atribuye la afirmación de que nadie se baña dos veces en el mismo río, con lo cual quiere ilustrar la idea de una realidad en permanente movimiento. Con una posición opuesta a la de Heráclito, Parménides se esforzó por mostrar la imposibilidad lógica y metafísica del cambio: el ser (lo que existe) es (existe) y el no ser (la nada) no es (no existe). A partir de esto, el cambio se podría definir como el paso del ser al no ser (por ejemplo, en la corrupción o la muerte) o del no ser al ser (por ejemplo, en la generación o el nacimiento). Pero ya que el no ser (o la nada) no es, entonces no es comprensible que, de la nada, pase de alguna manera a ser. En otras palabras, lo único que hay, lo único que existe, es el ser. Por lo tanto, el cambio no existe y los cambios o movimientos que percibimos corresponden al mundo de lo contingente y de las apariencias.

Zenón, discípulo de Parménides, llevó el problema al terreno de las matemáticas para defender la idea de que el movimiento es una mera ilusión. Una flecha, diría Zenón, nunca llega a su blanco o un corredor nunca llega a la meta porque siempre les faltará la mitad del camino por recorrer. Esta paradoja, podemos argumentar, se puede refutar con la simple experiencia que todos tenemos en la cual vemos que la flecha, en la realidad, llega a su blanco. Parménides y Zenón no pueden negar que tenemos esas experiencias, pero lo que sí cuestionan es la idea de que la experiencia de nuestros sentidos sea el camino seguro a la verdad. Para Parménides y Zenón, la respuesta es clara: sobre los sentidos debe prevalecer la razón. La experiencia nos mantiene al nivel de la mera opinión, mientras que la razón es el único camino a la verdad.

Como vemos, la cuestión del cambio nos enfrenta con un problema mayor de carácter epistemológico, central en la historia de la filosofía, que no se limita a explicar el mundo natural, sino que pretende explicar cómo es posible conocer el mundo natural. Aristóteles no solo defiende la posibilidad de conocimiento acerca de la naturaleza, también afirma la existencia del cambio. Esto es, afirma la posibilidad del paso del ser al no ser y viceversa.

Para salir de la paradoja de Parménides, Aristóteles requiere hacer una distinción entre *no ser absoluto* y *no ser relativo*. Una semilla no es en *absoluto* un edificio; sin embargo, no es un árbol únicamente en sentido relativo (es decir que no es, mas puede llegar a ser). Cada cosa es lo que es en el presente, pero "contiene" dentro de sí algo que no es (en sentido relativo), pero que puede llegar a ser en el futuro. De esta manera, Aristóteles piensa que Parménides y Platón tienen razón en cuanto a la relación entre ser y no ser absoluto; aunque ignoraron la relación entre ser y no ser relativo.

Para entender su explicación metafísica del cambio, debemos conocer las nociones de *acto* y *potencia*. *Acto*, para Aristóteles, es lo que hay o es, el ser actual de las cosas; acto es entonces el estado de un objeto en un momento determinado. Por su parte, el no ser relativo, lo que algo puede ser en el futuro, pero no es en el presente, es lo que Aristóteles denomina la *potencia*. La potencia, o ser potencial, nos indica la capacidad que tiene un objeto de convertirse en otra cosa. Según Aristóteles, el concepto de cambio se puede describir como la actualización de lo potencial. En otras palabras, algo está cambiando si tiene la capacidad de ser algo distinto de lo que es y ejerce dicha capacidad. De esta manera, el cambio además de ser posible es real y, por lo mismo, el fin último de la filosofía.

Así, Aristóteles se ocupa del problema del cambio y hace referencia a los cuatro tipos de cambios que él encuentra en la naturaleza: en términos de sustancia, calidad, cantidad y lugar. El cambio de sustancia hace referencia a la generación y destrucción; tal cambio ocurre, por ejemplo, cuando un hombre nace o muere, o cuando una escultura es creada o destruida. El cambio respecto a la cualidad (cualitativo) hace referencia a la alteración, como la vela al volverse suave por el calor o endurecerse por el frío. El cambio en términos de cantidad (cuantitativo) ocurre en el momento en el que algo crece o decrece; por ejemplo, cuando aumenta el tamaño de algún ser vivo. Por último, el cambio en términos de lugar es el movimiento de traslación de los cuerpos en el espacio. Aunque este cambio es, para Aristóteles, una de las varias formas de *kinesis*, el problema de la locomoción será de especial importancia en la historia de la ciencia occidental.

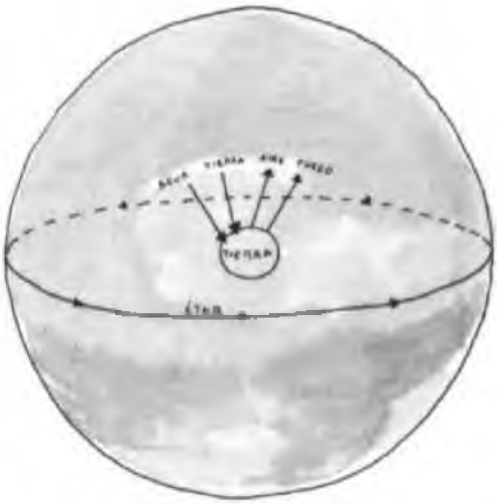
Como es frecuente en sus escritos, Aristóteles nos explica las diversas formas de movimiento (locomoción) que se observan en la naturaleza:

> Ahora bien, entre las cosas que tienen movimiento de suyo, algunas se mueven por sí mismas y otras por otras cosas; y en algunos casos su movimiento es natural, en otros violento y contrario a su naturaleza. En las cosas que se mueven por sí mismas su movimiento es natural, como por ejemplo en todos los animales [...]. Y lo que es movido por otro es movido naturalmente o bien contra naturaleza; por ejemplo, el movimiento hacia arriba de una cosa terrestre y el movimiento hacia abajo del fuego son contra naturaleza; además, a menudo también las partes de los animales están en movimiento de un modo contrario a la naturaleza, en contraste con sus posiciones y sus modos naturales de movimiento. Y el hecho de que lo que está en movimiento es movido por algo es sobre todo evidente en las cosas que están en movimiento contra naturaleza, porque en tales casos es claro que es movido por otra cosa [...]. Podría parecer que, así como en las embarcaciones y en las cosas no organizadas naturalmente, así también en los animales lo que causa el movimiento está separado de lo que

experimenta el movimiento, y que solo en este sentido el animal como un todo causa su propio movimiento[7].

El movimiento natural simple para Aristóteles puede ser, o bien en línea recta —hacia el centro del universo o alejándose de él— o en círculos alrededor del centro del universo. Si podemos explicar las propiedades naturales de estos cinco elementos básicos del cosmos, entenderemos la forma como Aristóteles concibió la física y el movimiento. Empecemos por entender la física en la región sublunar. En esta zona, el movimiento natural solo puede ocurrir en línea recta, es decir, hacia el centro del universo o alejándose de este. Cada uno de los cuatro elementos tiene un movimiento natural, y a partir de ellos podemos describir el movimiento que tendrá cualquier cuerpo.

IMAGEN III.2. *Movimiento natural de los elementos aristotélicos*



Para Aristóteles cada uno de los elementos de la naturaleza tiene un movimiento natural: la tierra y el agua se mueven en línea recta hacia el centro del universo, el fuego y el aire lo hacen en la dirección contraria, mientras que el éter se mueve en círculos alrededor del centro del universo.

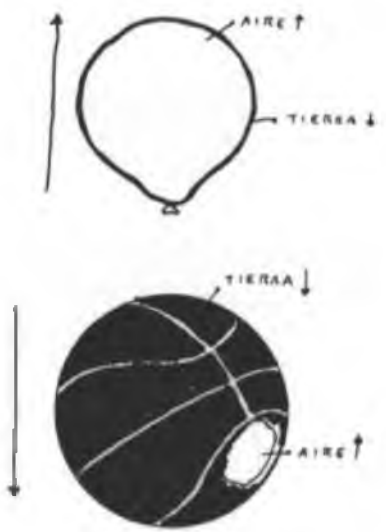
FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

[7] *Ibid.*, 282-283.

El fuego y el aire, por ser elementos ligeros, tienen la tendencia a alejarse del centro, siendo el fuego el más ligero de los dos. Por su parte, la tierra y el agua, al ser elementos pesados, de manera natural se mueven hacia el centro, siendo la tierra la más pesada. Un punto clave aquí es que Aristóteles no estaba hablando de cuerpos más pesados que otros, sino de la existencia de la levedad en los elementos como el aire y el fuego. No es que sean menos pesados que el agua y la tierra, sino que son ligeros en un sentido absoluto.

En la naturaleza, sin embargo, encontramos cuerpos mixtos, cuya composición tiene varios elementos. Tales cuerpos compuestos tienen la tendencia a alejarse o acercarse al centro del universo según el elemento predominante en ellos.

IMAGEN III.3. *Dirección del movimiento de los cuerpos mixtos*



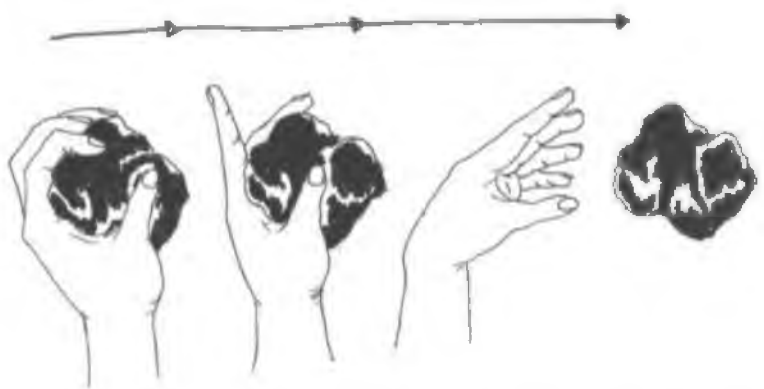
La dirección del movimiento natural de cuerpos mixtos se define por el elemento predominante, de manera que aquellos cuerpos compuestos en una proporción mayor por tierra tendrán un movimiento natural hacia el centro del universo y aquellos compuestos en mayor parte por aire tendrán un movimiento natural en dirección opuesta al centro del universo.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Aunque el movimiento descrito hasta ahora se presenta de manera natural, también observamos movimientos violentos o forzados que, por una causa exterior, van en contra de su tendencia natural. Es preciso entender que para Aristóteles no existe un movimiento espontáneo distinto al descrito de los cuatro elementos. Todo movimiento debe tener una causa, esto es, todo lo que se mueve es movido por algo. Es decir, todo móvil requiere un motor. En el caso del movimiento forzado, el motor es una fuerza externa que obliga al objeto a romper su tendencia natural. El objeto se moverá mientras esté en contacto con la causa de su movimiento y se detendrá cuando pierda contacto con esta fuerza y retorne a su estado natural dentro del cosmos.

Una posible dificultad que surge de estos razonamientos y principios físicos es cómo explicar, por ejemplo, por qué una roca lanzada por un hombre mantiene su movimiento después de perder contacto con la mano que la ha puesto en movimiento. La respuesta de Aristóteles a ello parece estar en el medio en el cual tiene lugar el movimiento, que sirve de motor cuando la roca abandona la mano. En otras palabras, la mano ha activado o movido el aire y este a su vez mantiene a la roca en movimiento.

IMAGEN III.4. *El problema del movimiento violento*



¿Cómo es posible que la roca siga su movimiento una vez pierde contacto con la mano (el motor) que la impulsa? Una vez la roca se desplaza, el aire tiende a ocupar su lugar, de manera tal que el aire mismo opera como motor o causa del movimiento de un proyectil, que mantiene su movimiento aun después de perder contacto con la mano que inicialmente la puso en movimiento.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Esto nos conduce a pensar que la fuerza impulsora no es el único determinante del movimiento. De acuerdo con Aristóteles, no es posible la existencia del vacío y, por lo tanto, todo movimiento debe ocurrir siempre en algún medio, y en cada caso existirá una fuerza de resistencia que se opone al movimiento. A partir de la física aristotélica se puede concluir que la velocidad, o mejor, la intensidad de un movimiento, está determinada por la relación entre la fuerza impulsora y la fuerza de resistencia. Tal sistema físico tiene algunas consecuencias interesantes: por ejemplo, si consideramos dos cuerpos en caída libre, el tiempo que demorarán en recorrer la misma distancia será inversamente proporcional a su peso, es decir, cuanto más pesado el cuerpo, más rápido descenderá. Además, si dos cuerpos del mismo peso se mueven por medios con diferentes densidades, el tiempo en recorrer cierta distancia será proporcional a la densidad del medio. Por último, si una fuerza dada mueve un objeto por cierta distancia en un cierto tiempo, la misma fuerza moverá un cuerpo con la mitad del peso el doble de la distancia en ese mismo tiempo.

Siglos más tarde, sucesores de Aristóteles en la Edad Media formularon estos principios en términos de una "ley general", según la cual la velocidad (V) es proporcional a la fuerza motiva (F) e inversamente proporcional a la resistencia (R): $V \propto F/R$ (véase el capítulo VII). Para el caso especial del descenso natural de un cuerpo pesado, la fuerza motiva es el peso (P) del cuerpo: $V \propto P/R$.

Estas inferencias de la física de Aristóteles han sido objeto de reiteradas críticas y han sido catalogadas como ejemplo de ingenuidad o falta de rigor en las observaciones. Es oportuno aclarar que no son tan absurdas como parecieran en un manual de física moderna. De hecho, es una realidad que en el aire los cuerpos más pesados caen con mayor velocidad que los menos pesados. Claro está, con una variación que no corresponde a la expuesta en la ecuación $V \propto P/R$, diferencia que tampoco tiene lugar en el vacío. Como señalamos, para Aristóteles, y con justas razones, el vacío no era posible. Además, no perdamos de vista que el propósito de la filosofía natural de Aristóteles no era encontrar relaciones cuantitativas que permitieran describir cómo ocurren las cosas, sino, más bien, responder preguntas sobre la naturaleza de las cosas en términos de causalidad, tal y como explicamos más arriba. La idea de *velocidad* como la entendemos hoy, como una relación cuantitativa entre tiempo y distancia, es un concepto medieval del cual nos ocuparemos más adelante.

Hasta el momento, nos hemos referido al problema del movimiento en el mundo terrestre, en la esfera sublunar. El movimiento de los cuerpos celestes presenta un comportamiento distinto a aquel descrito en la Tierra. Los cuerpos de la región supralunar, como establecimos más arriba, están compuestos por un quinto elemento: el éter, una sustancia celestial cuyo movimiento circular y constante refleja su perfección. Para Aristóteles, el

movimiento de los cuerpos celestes no puede ser otro que el movimiento circular. Si volvemos al supuesto de que todo movimiento tiene una causa o un motor que lo produce, debemos enfrentar la pregunta sobre el motor o la causa del movimiento de los cuerpos celestes. Ello supone dificultades por resolver, por un lado, explicar el motor para el movimiento de la Luna, del Sol, de los planetas y de las estrellas; y por otro lado, explicar un movimiento eterno. Si suponemos que todo motor debe tener movimiento y que todo lo que se mueve debe ser movido por algo, entonces tendríamos que suponer una cadena infinita de motores y móviles para explicar el movimiento de los cuerpos celestes.

De acuerdo con Aristóteles, esta serie de causas sin fin es imposible, pues nos conduce a una absurda cadena infinita de causas. Por lo tanto, resulta necesaria la existencia de un motor que, siendo causa del movimiento, sea él mismo inmóvil y que, por lo tanto, no necesite un motor adicional para explicar su movimiento.

A tal motor o causa última —pues toda explicación causal del movimiento termina en ella—, o primera —pues es el principio y el origen de todo el movimiento—, la llamó Aristóteles *motor inmóvil*. La aparente contradicción que implica asumir que algo inmóvil es el origen de todo el movimiento cósmico se explica a partir de los conceptos de acto y potencia, ya expuestos. Algún cuerpo u objeto está en movimiento en la medida en que es potencialmente algo y está ejerciendo o actualizando esa potencialidad. En el caso de esta causa inmóvil, asumimos que es *acto puro*. Es decir, no tiene potencialidad alguna, pero su naturaleza le permite generar el movimiento, es, de hecho, la causa de todo cambio.

Podemos ahora hacernos la pregunta sobre qué tipo de causa puede ser el motor inmóvil. No puede ser causa eficiente, pues esta implica la idea de un motor en movimiento, ni causa material, ya que implica potencia —por lo tanto, el motor inmóvil es también pura forma o esencia sin materia—; por último, tampoco puede ser causa formal, pues no es la esencia o forma del resto del universo. El motor inmóvil debe entenderse como la causa final, como el "objeto del deseo", el propósito de los cuerpos celestes que buscan imitar la perfección con el equilibrio de movimientos circulares, uniformes y eternos. Más adelante veremos que la explicación aristotélica del motor inmóvil será un argumento teológico y el fundamento de una de las vías o demostraciones de la existencia de Dios para santo Tomás (véase el capítulo VI).

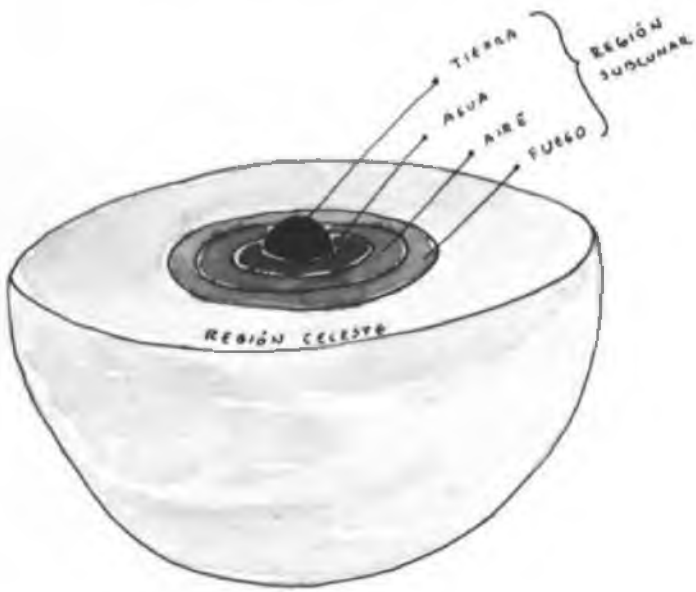
El modelo platónico de las esferas concéntricas es aceptado por Aristóteles, pero el reto, para él, consistió en hacer que el modelo de Eudoxo no fuera un simple modelo geométrico, sino un mundo real y plausible dentro de las concepciones físicas descritas, introduciendo así en la astronomía el problema de la estructura de las cosas y la explicación de la naturaleza del movimiento celeste. Esto supone que se explique cómo se transmite el movimiento de una esfera a la siguiente. El modelo de la esfera celeste aristotélica

desarrollado por sus seguidores, de manera notable por Claudio Ptolomeo en el siglo II, termina requiriendo múltiples esferas planetarias más la esfera de las estrellas fijas. Es decir, un modelo complicado y lleno de preguntas sin resolver que definirán el rumbo de la astronomía por siglos.

El cosmos de Aristóteles

La cosmología y la física de Aristóteles se complementan de manera tal que las relaciones entre la explicación del movimiento, la naturaleza de los cinco elementos y su concepción del universo con la Tierra como centro inmóvil conforman una consistente concepción del orden natural. Dentro de la concepción aristotélica del cosmos, la Tierra es una esfera inmóvil, está en el

Imagen III.5. *El cosmos y los elementos*



El cosmos aristotélico se divide en dos mundos, el mundo celeste compuesto por *ether*, y el mundo terrestre, compuesto por los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego).

Fuente: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

centro del universo y los cuerpos celestes giran alrededor de ella en órbitas circulares perfectas. La forma esférica de la Tierra es una consecuencia física, ya que la tendencia natural a ocupar el centro del universo hace que el elemento tierra se disponga de manera simétrica alrededor de un centro. Como lo vimos, la idea de la Tierra como una esfera había sido defendida por Anaximandro y forma parte de una tradición muy anterior a Aristóteles. Sobre la esfericidad de la Tierra también se tiene evidencia observacional durante los eclipses lunares, los cuales permiten ver una proyección circular de la Tierra. Esta es entonces una idea difícil de cuestionar y, de hecho, se mantendrá sin amenazas serias por siglos. La idea de que Colón o los pensadores del Renacimiento europeo demostraron por primera vez que la Tierra era redonda es un mito sobre la ignorancia medieval y el triunfo de la razón moderna.

El universo como tal es eterno y está dividido en una región superior y una inferior, cuyo límite es la órbita lunar. La región de la Luna hacia arriba es la región supralunar, o región celeste, donde todo permanece constante, incorruptible y está compuesto por una sustancia divina, el *ether*. La región de la Luna del centro, la región sublunar o región terrestre, está compuesta por los cuatro elementos primarios que ya habían sido propuestos por Empédocles y aceptados por Platón: tierra, agua, fuego y aire. Esta concepción del universo tuvo una larga historia: formó parte de la astronomía y geografía de Claudio Ptolomeo, de la cosmología cristiana y por más de 1500 años dominó la filosofía natural en Occidente.

Historia natural

De Aristóteles se conserva una amplia obra sobre el mundo natural. De hecho, a juzgar por el volumen de esta, fue el campo del conocimiento que más trabajó. Sus textos *Historia de los animales* (*Historia animalium*), *Las partes de los animales* (*De partibus animalium*), *El movimiento de los animales* (*De motu animalium*), *Progresión de los animales* (*De incessu animalium*) y *Generación de los animales* (*De generatione animalium*) proceden de una cuantiosa recolección de datos, para la cual tuvo el apoyo de sus alumnos y de otras personas, como médicos, pescadores y granjeros. En esta colosal recopilación de observaciones se describen con cierto detalle más de quinientas especies. Algunas incluyen disecciones y análisis meticulosos, como en el caso de las descripciones de la incubación de los huevos de aves.

La concepción teleológica y la idea de una naturaleza que opera con fines concretos será central en sus trabajos sobre los seres vivos. En oposición a las ideas atomistas que niegan la finalidad en los procesos naturales, el pensador ateniense encuentra profunda satisfacción al reconocer causas y propósitos en sus pesquisas con los seres vivos, ya que confirman que las

"obras de la naturaleza" no son producto del azar y que esta no realiza nada en vano.

Las ideas y juicios de Aristóteles sobre los animales se resumen en su sistema de clasificación animal, pero lejos de un ánimo taxonómico, que veremos mucho más tarde en el siglo XVIII, Aristóteles pretendía con esta categorización comprender las diferencias y características de los animales, con el objetivo de encontrar las causas y el sentido de dichas particularidades.

La primera gran división que propuso Aristóteles fue entre animales sanguíneos y no sanguíneos (*enaima* y *anaima*). Es decir, entre aquellos animales que tienen sangre roja y los que no. Esta diferencia es central para Aristóteles, pues el tipo de sangre determina la forma en que se "nutre" el cuerpo. Por su parte, los animales sanguíneos se dividen en: cuadrúpedos vivíparos (como los mamíferos), cuadrúpedos ovíparos (las lagartijas y los lagartos), mamíferos marinos (como el delfín), aves y peces. Entre los *anaima* incluía los moluscos, crustáceos e insectos. Esta categorización guarda un orden jerárquico y depende de lo que Aristóteles llamó "calor vital". Proporcional a la cantidad de calor vital, los animales se ordenan de manera jerárquica y ascendente hasta llegar a los seres humanos, en lo más alto de la organización natural. Debajo de estos se encuentran los animales vivíparos, ovíparos, vermíparos (aquellos que producen gusanos) y, por último, la plantas.

Otra jerarquización que propone Aristóteles es aquella vinculada al alma de los seres vivos, pues, según él, existen varias clases de almas y cada una cumple con una función distinta. De esta forma, las plantas poseen un alma nutritiva que les permite obtener alimento, crecer y reproducirse. Los animales tienen un alma sensible, que los habilita para sentir y moverse. Además, el alma determina el carácter de cada animal, de esta forma: "El alma de un animal agresivo supone un cuerpo poderoso y las presas tendrían almas débiles"[8]. Los humanos, por su parte, además del componente vegetativo y animal, poseen un alma racional que los dota de las virtudes de la razón; de no ser por esta, los hombres podrían dejarse llevar por el carácter "sensible" que también poseen y estarían en riesgo de caer en los vicios y abusos expresados por los animales.

Según Aristóteles, los machos, por poseer una mayor cantidad de calor vital, son de una naturaleza superior en comparación con las hembras y, por lo mismo, son los machos quienes aportan en su semen el principio activo —la forma— a su prole; mientras que las hembras proporcionan la materia como sangre menstrual. Dicha concepción de lo masculino como activo y superior, y de lo femenino como pasivo e inferior se mantendrá a lo largo de la historia de la biología por siglos. La medicina galénica acogerá las ideas de

[8] "The souls of such animals were aggressive, and their bodies correspondingly powerful. It was appropriate for Aristotle to believe that the souls of animals that served as prey were timorous". Roger French, *Ancient Natural History* (Londres y Nueva York: Routledge, 1994), 46.

Aristóteles y verá a la mujer como una especie de hombre degenerado o incompleto. El óvulo femenino será visto como la "casa" que acoge y alimenta a un nuevo ser, el cual se origina en el semen masculino. Algo similar veremos en los estudios posteriores sobre los embriones animales, en los cuales la diferenciación sexual parece explicarse en términos de un mayor desarrollo de los machos frente a las hembras, que al parecer detienen su desarrollo en algún momento de su formación[9].

El carácter de los animales explica otro de los elementos que Aristóteles encontrará en la naturaleza: las antipatías y simpatías, dispuestas por la "personalidad" de cada organismo, aunque originadas, la mayoría de las veces, por disputas por el alimento, siendo uno de los animales el cazador y el otro el cazado. Muy rara vez aparecen extrañas alianzas, como la del zorro y el cuervo contra su enemigo común: el halcón.

En un atisbo que podemos llamar "darwinista", Aristóteles afirma que las variaciones de cada especie se explican por motivos como la alimentación o el clima. De esta forma, los animales domésticos son más grandes en Egipto por la mayor abundancia de alimentos, mientras que en Grecia los animales salvajes tienen mayor talla gracias a su amplia diversidad de presas.

Por último, para Aristóteles, tanto los animales como los humanos solo cobran sentido porque forman parte de un "todo" más grande que tiene un propósito. Las interrelaciones entre los seres vivos y la escala jerárquica que planteó en sus textos de biología son acordes con aquel motor inmóvil —el cual propicia el movimiento de los demás elementos del universo—, principio de la causalidad y fundamento de su sistema[10]. Más tarde, dicho principio fue identificado con el Dios cristiano, lo que facilitaría la adopción de los principios de su sistema biológico en la Europa medieval y permitiría el ingreso de sus clasificaciones y conceptos en los bestiarios.

Después de la muerte de Aristóteles, el Liceo, entonces a cargo de Teofrasto (ca. 371-286), le dio continuidad a este interés por los seres vivos. Una vez más, para la historia natural, como para muchos otros campos del conocimiento a lo largo de la Edad Media y el Renacimiento, la obra de Aristóteles fue una referencia obligada. La mayoría de los escritos de Teofrasto se perdió, pero conocemos su trabajo sobre plantas, que ofrece minuciosas descripciones de más de quinientas diferentes. Siguiendo el modelo de los tratados sobre animales de Aristóteles, la obra de Teofrasto combina las detalladas descripciones de especies particulares, con discusiones teóricas sobre las causas de los fenómenos descritos. Si bien comparte con su antecesor la idea

[9] Para un análisis de la historia de la biología con perspectiva de género véase Evelin Fox, *Making sense of Life: Examining Biological Development with Models, Metaphors and Machines* (Cambridge: Harvard University Press, 2002).

[10] Véanse French, *Ancient Natural History*, 81-82; David Lindberg, *Los inicios de la ciencia occidental: La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional, desde el 600 a. C. hasta 1450* (Barcelona: Paidós, 2002), 99.

básica de causas finales, es crítico con la forma como Aristóteles justifica la idea de una naturaleza teleológica[1].

Las escuelas atenienses, como la Academia o el Liceo, fueron claves como centros de educación exclusivos para varones de las élites griegas, pero además nos ayudan a entender el oficio y la fuente de sustento de los grandes filósofos. Si bien algunos procedían de familias ricas, las escuelas griegas recibían dinero de sus estudiantes. Entonces, como ahora, la educación fue un poderoso mecanismo de distinción social. Fueron, asimismo, centros de acopio de conocimientos y lugares que facilitaron la creación de comunidades letradas gracias al encuentro de maestros y alumnos.

La continuidad de las escuelas atenienses como la Academia y el Liceo hizo posible la preservación y posterior difusión de la obra de sus fundadores. El Liceo contaba con su propia biblioteca, la cual sobrevivió sin mayores problemas hasta principios del siglo V a. C. Con la invasión romana, los textos fueron enviados a Roma, donde Andrónico de Rodas los ordenó y editó. Con ello se dio inicio a un prolongado proceso de difusión y consolidación de una potente tradición aristotélica. Más adelante, las tradiciones científicas y religiosas árabes y cristianas encontraron en Aristóteles su principal fundamento filosófico.

No tiene sentido seguir insistiendo en Atenas como el lugar de origen de la civilización, muy lejos de nuestro interés es proponer un único lugar o un momento para el nacimiento de la filosofía o de la democracia, sabemos que estas ideas son en parte fruto de una tradición historiográfica centrada en Europa que merece ser revisada con cuidado. Dejamos sin explicar la deuda griega con civilizaciones de África o de Oriente, y no muy lejos en el tiempo con figuras como Confucio, en China, o Buda, en la India, que configuraron potentes tradiciones filosóficas que ni siquiera mencionamos, por ser temas que desbordan el alcance de este libro. Lo que no podemos dejar pasar, es que el eurocentrismo al que hemos hecho referencia tuvo un efecto notable sobre la historia de la verdad. Hemos intentado describir un conjunto de autores e ideas cuyo impacto sobre la verdad en Occidente será colosal. Tanto cristianos, como judíos y musulmanes encontrarán en la filosofía griega las bases metafísicas de sus grandes doctrinas.

La idea de verdad griega, la noción de *alétheia* (aquello que se muestra o desvela), supone una realidad que se descubre mediante la razón o la experiencia, una verdad única y que es independiente del sujeto que la observa. Vimos diferentes posiciones sobre cómo la razón y la experiencia humanas pueden acceder a dicha verdad y se describieron los más célebres intentos por explicar el cosmos, un orden natural reflejo de un diseño racional. Más

[1] Geoffrey Lloyd, *Greek Science After Aristotle* (Londres y Nueva York: W. W. Norton & Company, 1973), 13, 15.

importante aún, lo que la historia nos cuenta es la emergencia de la razón, o mejor, del filósofo que proclama la autoridad universal de la razón.

Tal vez no se dijo mucho sobre la figura de Sócrates y lo mencionamos como el maestro de Platón y un personaje más de sus diálogos. Sócrates, sin embargo, es una figura histórica de la mayor importancia. Los diálogos de Platón, además de su inmensa riqueza filosófica, crearon un personaje que encarna el ideal del filósofo, quien, a diferencia del sofista o del dramaturgo, se distingue del común de la gente y por medio de la razón conoce la verdad. La plaza pública es el escenario de una contienda por autoridad política y filosófica, y en este caso se nos presenta como el gran vencedor —sobre la lírica, el teatro, la poesía o la mera opinión— al filósofo, amante de la sabiduría, amo y señor de la verdad.

Capítulo IV

HELENISMO: EL COSMOS GRIEGO DESPUÉS DE PLATÓN Y ARISTÓTELES

Atenas

La muerte de Aristóteles coincide con el fin de las conquistas militares de Alejandro (322 a. C.), quien, gracias a sus campañas militares, extendió el imperio griego y llevó su lengua y su cultura por el este hasta Bactria (hoy parte de Afganistán) y por el sur hasta Egipto. El contacto de los griegos con otras culturas amplió los horizontes de la Grecia clásica, introdujo cambios considerables en el ámbito cultural y permitió que las tradiciones griegas se encontraran con las egipcias y, más tarde, con las romanas. El periodo comprendido entre la muerte de Alejandro (323 a. C.) y el triunfo de Octavio sobre Marco Aurelio y Cleopatra en el año 31 a. C. es conocido como helenismo[1].

Si bien Grecia perdería su protagonismo en la historia política de Occidente, en Atenas se mantuvo una tradición académica, y no solo sobrevivieron la Academia y el Liceo, sino que aparecieron otras escuelas filosóficas que también influenciaron el pensamiento occidental. Durante el periodo helénico las tradiciones platónicas y aristotélicas tuvieron sus propios desarrollos, pero Atenas también vio nacer sistemas filosóficos alternativos. Los más notables fueron los epicúreos y los estoicos. Con marcadas diferencias, estas dos escuelas coincidieron en hacer de la ética el fin último de la filosofía y de la felicidad el objetivo de la existencia humana, lo cual no quiere decir que abandonaran el interés por el estudio del mundo natural: en ambos casos la felicidad solo es posible mediante el conocimiento de la naturaleza.

Tanto los epicúreos como los estoicos dividieron la filosofía en tres grandes campos: la ética, la física y la lógica, de las cuales las dos últimas están subordinadas a la primera. Sus concepciones de la naturaleza son distintas, pero el impacto de las dos corrientes sería notable en las concepciones de la naturaleza del Renacimiento europeo.

[1] Véase Lindberg, *Los inicios*, capítulo 4.

MAPA IV.1 *Extensión del imperio de Alejandro Magno*

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Epicuro

Epicuro de Samos (341-270 a. C.) creó en Atenas su propia escuela, el Jardín, nombre que recibió debido al lugar en donde se llevaban a cabo sus reuniones. Epicuro consideraba que la única condición de la felicidad era la satisfacción de las necesidades elementales: "[...] no tener hambre, no tener sed, no tener frío; el que dispone de eso, y tiene la esperanza de disponer de ello en el porvenir, puede luchar hasta con Zeus por la felicidad"[3]. Tal satisfacción equivale al placer que el ser humano debe procurarse, pues la búsqueda

[3] Citado en Pierre Hadot, *¿Qué es la filosofía antigua?* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1998), 129.

de los demás placeres —los que son producto de deseos naturales pero no necesarios, como el sexo, por ejemplo, y los deseos innecesarios, como el deseo de gloria o de riqueza— suelen producir pasiones violentas y angustia. De esta manera, la felicidad es un estado de *ataraxia*, la ausencia del dolor que puede producir la satisfacción de necesidades básicas y la ausencia de la perturbación correspondiente.

No obstante, existen factores que pueden perturbar al ser humano e impedir que este alcance la felicidad: el temor a la muerte y a los dioses. Los temores humanos son tratados como supersticiones sin fundamento y fruto de la ignorancia. Es en este punto en el que la física epicúrea entra a desempeñar un papel muy importante, pues en esta se intentará presentar una imagen del universo que permite evitar el miedo a lo desconocido o a lo sobrenatural. En la *Carta a Pitocles*, Epicuro escribió: "[...] el único fin del conocimiento de las cosas del cielo es la paz mental y la seguridad de las creencias"[3].

Así, y recuperando una vieja tradición atomista, los epicúreos sostienen que todo lo que existe —desde los cuerpos celestes hasta los mismos seres humanos— se compone de átomos que se mueven en caída libre en el vacío pero que pueden cambiar de manera espontánea y azarosa su trayectoria. Este carácter espontáneo permite postular un universo que no está predeterminado y, de esta manera, justificar, según los epicúreos, la existencia de la libertad humana y una filosofía en la cual la ética es fundamental. Cualquier hecho se puede explicar a partir del movimiento de los átomos y, por lo tanto, no es posible afirmar que los dioses ejerzan alguna acción sobre el mundo material. De la misma manera, ya que los seres humanos no somos más que un compuesto de átomos, no se le debe temer a la muerte, pues esta es solo la desintegración de ese compuesto: "La muerte no es nada para nosotros; mientras estamos aquí nosotros mismos, la muerte no está y, cuando la muerte está aquí, ya no estamos"[4]. La búsqueda de la felicidad y el conocimiento están aquí estrechamente relacionados. El estudio de la naturaleza tiene el único fin de liberar al hombre de sus miedos y aprehensiones sobre la vida y la muerte.

El Jardín continuó funcionando en Atenas por lo menos hasta el siglo II d. C. y el epicureísmo fue adoptado por algunos pensadores del Imperio romano durante el siglo I a. C., como fue el caso de Lucrecio (99-55 a. C.), quien expuso y defendió esta doctrina en su *De rerum natura*.

[3] "Bear in mind that there is no other end to the knowledge of things in the sky... the peace of mind and firm conviction". Citado en Lloyd, *Greek Science After Aristotle*, 21.

[4] Epicuro, "Carta a Meneceo". *Onomázein: Revista de lingüística, filosofía y traducción* 4, traducción y notas de Pablo Oyarzún (1999): 403-425, parágrafo 125.

Estoicismo

Zenón de Citio (332-262 a. C.), a quien no debemos confundir con el Zenón discípulo de Parménides, comenzó a reunir a sus estudiantes alrededor de un pórtico (*stoa* en griego) en Atenas, cerca del año 300 a. C. De nuevo, la filosofía es orientada por los estoicos hacia la obtención de la tranquilidad. En este caso los deseos y el placer son también fuentes de perturbación, por lo cual deben ser excluidos del ideal de felicidad. La tranquilidad, en este caso, está incompleta si no proviene de la indiferencia total y la ausencia de deseos (*apatheia*).

La cosmología estoica, a diferencia de la de los epicúreos, suponía la necesidad de un principio activo que le da orden y unidad orgánica a la materia. Dicho principio se identifica con el *pneuma* o aliento, una sustancia que por su sutileza lo penetra todo y que debe ser entendida como una entidad activa y racional, la fuente de vitalidad y orden en el cosmos. Si bien comparten la idea de los cuatro elementos, los dividen en dos grupos, en los cuales el agua y la tierra son elementos pasivos, mientras que el aire y el fuego producen diversos tipos de pneuma y, por lo mismo, conforman una parte activa o vital del mundo. Así, existen diferentes tipos de *pneumas*. Los cuerpos sin vida, como los minerales, tienen un tipo de *pneuma* conocido como *hexis*; el de las plantas y los animales sería la *physis*, y el de los humanos la *psyche*. Su cosmología, como la de Platón y Aristóteles, es geocéntrica, pero resulta interesante que rechazan la distinción entre un mundo terrestre y un mundo celeste, tal y como supone Aristóteles.

Tanto la concepción del universo como la ética estoica están basadas en la distinción entre lo que depende y lo que no depende del ser humano. Nos encontramos aquí con una concepción del universo distinta a la epicúrea: no solo no hay movimiento espontáneo, sino que todo lo que ocurre está determinado de antemano, es necesario que ocurra tal y como pasa. En otras palabras, los estoicos afirman la existencia del destino. Empero, este no es un capricho ni debe ser entendido como superstición: su existencia implica que todo lo que sucede está determinado previamente en un universo racional. La materialización de este *logos* o razón, que determina todo el devenir, es el *pneuma* o aliento; algo así como un espíritu que anima y sostiene toda la materia. El *pneuma* tiene un carácter divino que se puede identificar con la razón.

La ciencia moderna es, de alguna manera, heredera de esta suposición de un orden universal: el cosmos se comporta de acuerdo con la *razón*, siguiendo leyes universales. La voluntad humana no puede cambiar al mundo, pues este además de ser inalterable, al estar determinado por la *razón* —que es identificada con el bien—, no puede ni debe ser modificado, está bien como está. La voluntad de hacer el bien y la comprensión y aceptación de que nada se puede hacer por cambiar el orden de las cosas son la única opción que

tiene el ser humano para ser bueno y feliz. Por esto, la búsqueda de satisfacción de los deseos produce perturbación, pues implica suponer que el ser humano puede hacer algo para cambiar sus condiciones de vida cuando, en realidad, de acuerdo con los estoicos, esto se sale de sus manos. De nuevo, la ciencia tiene una simple función ética: el estudio de la naturaleza tiene el único propósito de establecer la distinción entre el bien y el mal.

La semejanza entre el estoicismo y algunas doctrinas cristianas no es simple coincidencia: esta filosofía, junto con el neoplatonismo, fue quizá la más influyente en los primeros pensadores cristianos. La tendencia estoica se puede advertir en las cartas de san Pablo y en las obras de san Agustín. Asimismo, fue esta tradición la que más fuerza adquirió durante el Imperio romano y pensadores de la importancia de Séneca (4 a. C.-65 d. C.), Epicteto (50-138 d. C.) y Marco Aurelio (121-190 d. C.) simpatizaron con ella.

Si bien una demarcación moderna del conocimiento supondría que estas dos escuelas pertenecen más al campo filosófico que al científico, en realidad ambas presentan una teoría "física" del universo y, sobre todo, aportan una ideología y una visión de mundo que serán muy importantes para la cultura occidental posterior. Tanto la filosofía estoica como la epicúrea fueron retomadas en la temprana modernidad como alternativas a las tradiciones platónicas y aristotélicas, desempeñando un papel notable en las nuevas filosofías del siglo XVII. En general, y como veremos a continuación, una característica común de la filosofía del periodo helenístico es su orientación práctica. Sus investigaciones y reflexiones estaban dirigidas no tanto a la contemplación teórica como a lograr que sus seguidores alcanzaran un estado de tranquilidad y calma.

Aunque los más importantes centros educativos griegos, como el Liceo, la Academia y el Jardín de Epicuro, lograron sobrevivir hasta el siglo I o II a. C., para el siglo I a. C. habían perdido la fuerza que tuvieron en la época de sus fundadores.

Alejandría

La difusión oriental de la ciencia griega tiene una estrecha relación con las conquistas de Alejandro, quien dominó buena parte de Asia y el norte de África. Alejandro dejó a su paso cerca de once ciudades con el nombre de Alejandría; la más notable, y de la cual nos ocuparemos aquí, se encontraba al norte de Egipto, en la zona occidental del delta del Nilo. Tras la muerte de Alejandro, sus generales dividieron el imperio, con lo cual Egipto y Palestina quedaron bajo el gobierno de Ptolomeo. Alejandría no solo fue la capital de la dinastía ptolemaica sino un punto de encuentro comercial, cultural y científico privilegiado. Por el occidente se comunicaba con los grandes puertos y ciudades del Mediterráneo, tan lejanas como Sicilia y las del sur de Italia, y

de manera menos directa con la próspera Roma; por el norte mantenía contacto con el mundo ateniense; por el oriente se exponía a la influencia de los reinos persas, y por el sur tenía acceso a los pueblos del delta del Nilo[5].

Una importante característica del helenismo es que, a pesar de la obvia influencia, ya no podemos hablar de una cultura puramente griega sino de una mezcla de tradiciones con elementos griegos, fenicios y babilónicos. Euclides llegó de Atenas, Eratóstenes era de Libia; Arquímedes, de Siracusa; Ptolomeo provenía de Egipto y se convirtió en ciudadano romano.

El elemento más importante del helenismo para una historia del conocimiento es la consolidación de un apoyo directo de los monarcas a la producción de conocimiento a su servicio. En particular, la monarquía de los Ptolomeo creó instituciones y financió la compilación y producción de conocimiento, que hicieron de la capital el centro cultural más importante del siglo III[6]. Se fundó el Museo, cuyo nombre no corresponde a la concepción que tenemos nosotros hoy en día: lejos de ser un lugar para la exhibición de objetos, se creó como un templo a las musas, una comunidad de investigadores y maestros, en cuyo interior se desarrollaban diferentes actividades en aras de la acumulación y producción de saberes. A diferencia de la Academia y el Liceo, el Museo no era una institución exclusiva para la educación, sino sobre todo se enfocaba en la investigación y la producción de nuevos conocimientos.

La creación del Museo cobra una importancia particular por ser un temprano esfuerzo por conservar y producir conocimiento con el apoyo oficial y al servicio de un Estado imperial. Así mismo, con recursos de la monarquía, tuvo lugar la creación de la Biblioteca de Alejandría, en la cual —según antiguos testimonios— se reunieron más de medio millón de rollos de papiro. De esta manera, la ciudad se convirtió en el centro cultural más grande de todo el periodo helénico, así como en el eslabón intelectual entre la antigua Grecia y el periodo romano y medieval. La Biblioteca y el Museo fueron ejemplos tempranos de grandes centros de acopio, en los cuales se reunían y conservaban los conocimientos de muchos, y que hicieron de Alejandría la capital del reino y, al mismo tiempo, el más importante centro educativo y cultural.

Además de estos espacios, el Gobierno financió los salarios de quienes estaban a cargo tanto del Museo como de la Biblioteca, al igual que el sostenimiento de personas dedicadas a resolver problemas relevantes para el imperio. Como parte de las campañas militares de Alejandro diferentes ingenieros y geógrafos levantaron planos de los territorios conquistados y recogieron una gran cantidad de información sobre sus recursos naturales, información que más tarde fue llevada a Alejandría. Una vez esta ciudad se convirtió en la

[5] Brotton, *Historia del mundo*, 42.
[6] Lloyd, *Greek Science After Aristotle*, 3.

base del imperio, se fortaleció el apoyo del Estado imperial al desarrollo de saberes útiles, como la artillería y el estudio tecnológico militar, la astronomía y la medicina. El conocimiento fue entonces un elemento esencial de las aspiraciones y necesidades del imperio. En la Alejandría del siglo III a. C., por ejemplo, se hicieron disecciones humanas por primera vez de manera sistemática, produciendo un conocimiento anatómico sofisticado, lo cual fue clave para la posterior historia de la medicina.

Un tema relevante para entender la ciencia moderna occidental son las relaciones entre saberes prácticos y teóricos. Alejandría fue un temprano ejemplo de la fertilidad del pensamiento teórico al servicio de problemas prácticos. Además de la producción de una ciencia útil y "aplicada", la financiación y el apoyo a personas dedicadas a las artes y las letras fue considerado un aspecto importante que daba prestigio a los patronos, algo similar a lo que veremos en las cortes europeas del Renacimiento.

A manera de muestra, a continuación presentaremos algunos de los personajes más destacados que surgieron en este periodo.

Euclides (ca. 300 a. C.)

Euclides vivió alrededor del año 300 a. C., durante el reinado de Ptolomeo I, y es un claro ejemplo de los beneficios que obtenían quienes vivían en un gran centro de acopio. Uno de sus méritos es haber recopilado gran parte de la tradición geométrica del mundo antiguo, sin lo cual no le habría sido posible organizar y construir un gran compendio de conocimientos matemáticos. Este esfuerzo lo plasmó en su obra *Elementos de geometría*, en la cual, a partir de un sistema axiomático y deductivo, generó los diferentes teoremas que definen el saber geométrico clásico, que sobrevive hasta nuestros días.

Los *Elementos* comienza con una serie de definiciones de conceptos tan básicos como *punto* (aquello que no tiene partes), *línea* (longitud sin anchura), *unidad* y *número*, entre otros, y propuso cinco postulados tautológicos o axiomas del tipo: "El todo es mayor que la parte" o "las cosas iguales a otra misma cosa son iguales entre sí", que se convertirían en los pilares fundamentales de la geometría clásica. De esos postulados básicos se deducen las proposiciones de los trece libros que componen la obra. Los *Elementos* no es un conjunto de ideas novedosas o propias del mismo Euclides; más bien, es una recopilación única en la cual se suma y ordena el trabajo de muchos.

Uno de sus grandes méritos está en la claridad de sus demostraciones, que será el paradigma de la demostración científica por siglos. Uno de los principios metodológicos expuestos en la obra es el de "reducción al absurdo", que ya encontramos en la lógica aristotélica y era bastante común entre los matemáticos anteriores a Euclides. Consiste, básicamente, en partir de la tesis contraria a la que se quiere llegar, mostrar su imposibilidad y, así, demostrar la

necesidad de la tesis original. Para demostrar, por ejemplo, que "los números primos son infinitos", debemos mostrar el absurdo o la imposibilidad de la tesis "los números primos son finitos"[7].

La obra *Elementos de geometría* puede verse como un caso de un trabajo más teórico que aplicado, pero esa no fue la tendencia que se registró a lo largo del periodo helénico. El mismo Euclides escribió sobre astronomía y fue autor de un trabajo sobre óptica en el que se describe el acto de la visión y en el cual desarrolló una teoría de la perspectiva. No olvidemos que el sentido etimológico del término *geometría* tiene la idea de medir y dibujar la Tierra. *Elementos* es un tratado teórico, pero no es exagerado afirmar que la geometría euclidiana definió las reglas de la geografía y de la astronomía, tanto en la Antigüedad como en el mundo moderno.

Matemáticos herederos de Euclides, como Arquímedes, Apolonio de Perga, Eratóstenes, o de Claudio Ptolomeo, hicieron uso de las matemáticas y la geometría desde una perspectiva mucho más práctica, que convirtieron a Alejandría en la cuna de importantes estudios aplicados en ramas como la mecánica, la geografía, la astronomía y la óptica, entre otras.

Arquímedes (287-212 a. C.)

Hijo de un astrónomo llamado Phidias y pariente cercano del rey Hierón II de Siracusa, Arquímedes es un ejemplo de una interesante relación entre saberes técnicos y teóricos. De hecho, la originalidad de su obra está en poner la geometría al servicio de la mecánica, tal y como lo hace en sus escritos sobre estática e hidrostática. Además de sus trabajos en matemáticas, óptica y astronomía, en los textos sobre historia de la ciencia se le conoce por su descubrimiento del principio de la flotabilidad y densidades relativas que lleva su nombre.

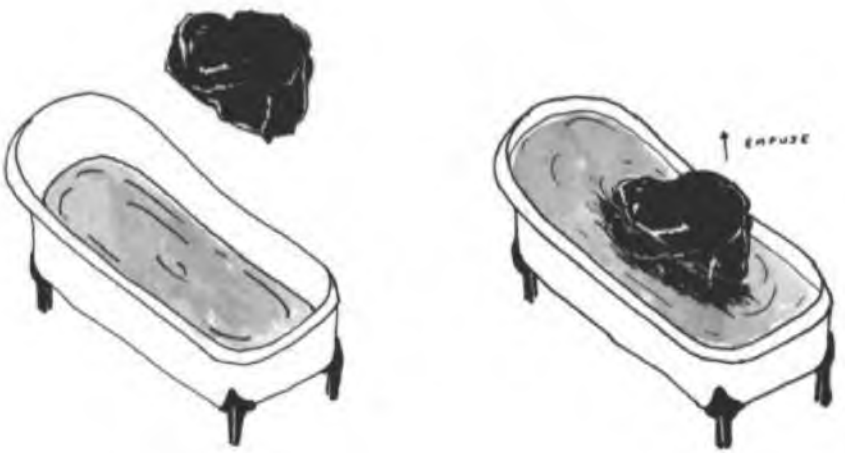
En su escrito *Sobre arquitectura*, Vitruvio (70-15 a. C.) nos cuenta que el rey Hierón le pidió a Arquímedes que verificara si la corona que le había mandado hacer al herrero era de oro puro. Aunque el peso era el mismo que se le había dado al herrero, era posible que hubiera mezclado el oro con plata. La historia dice que Arquímedes descubre el método para resolver el acertijo al meterse en la tina y ver que a medida que se sumergía desplazaba una cantidad de agua proporcional al volumen sumergido. De ahí la famosa expresión "¡Eureka!", emblemática de grandes descubrimientos que tienen lugar en un momento de genialidad. Según Vitruvio, a Arquímedes se le ocurrió hacer un experimento con dos masas de oro y plata del mismo peso y luego medir la cantidad de agua que estas desplazaban al ser sumergidas. Si la corona del rey desplazaba más agua que el mismo peso en oro, entonces

[7] *Ibid.*, 39.

había fraude. Más allá de la credibilidad de este tipo de anécdotas, el punto relevante es el de una tradición científica comprometida con la solución de problemas prácticos y útiles para el imperio. El contraste entre esta leyenda y la forma como Arquímedes presenta sus ideas en trabajos como *Sobre los cuerpos flotantes* es notable. En sus escritos, más que momentos de inspiración o suerte, lo que encontramos como fundamento de sus conclusiones es el rigor de la lógica de las demostraciones geométricas.

Arquímedes es responsable de un importante trabajo sobre el equilibrio de fluidos (hidrostática), que hoy en día forma parte importante de cualquier curso de física básica moderna. Dentro de sus teorías más reconocidas podemos destacar dos. La primera nos dice que cualquier sólido más liviano que el agua flota, y su peso es igual al peso del agua que está desplazando. La segunda es el conocido principio mencionado más arriba y de acuerdo con el cual "un sólido más pesado que el agua se hunde hasta el fondo y su peso disminuye tanto como el peso del volumen de agua igual al volumen del sólido".

IMAGEN IV.1. *Principio de Arquímedes*



El principio de Arquímedes sostiene que un cuerpo sumergido en un líquido en reposo experimenta una fuerza (empuje), de abajo hacia arriba, igual al peso del volumen del líquido que desaloja.

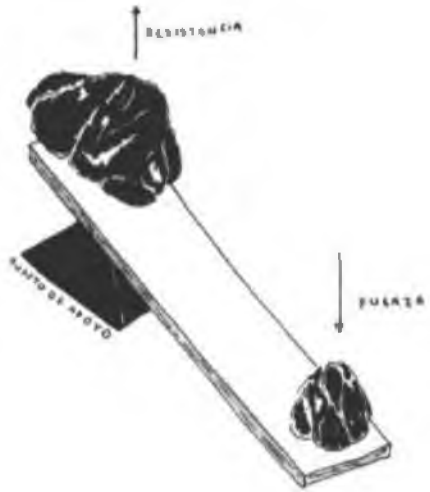
FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

También es conocido el tornillo de Arquímedes, el cual es, en su versión básica, una espiral (o tornillo) dentro de un cilindro vacío, que puede ser usado manualmente y resulta muy eficiente para levantar fluidos o sólidos livianos, como granos o cereales, de un nivel a otro. Son destacados también sus trabajos en el cálculo de áreas bajo curvas, y sus explicaciones sobre el funcionamiento de las palancas como instrumento para elevar objetos pesados.

Arquímedes es autor de un tratado *Sobre el equilibrio de los planos*, en el cual, de manera elegante, expresa en leyes simples los principios de las palancas. Dos pesos iguales en los extremos de una palanca se nivelan poniendo el punto de apoyo en el centro; pero al desplazar el punto de apoyo, la fuerza aumenta con la distancia entre la resistencia y el punto de apoyo. De ahí su famosa afirmación "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo".

Si bien estos trabajos se dieron a conocer ampliamente, sus escritos no han sido muy bien conservados. De hecho, estos han sido conocidos, en buena

IMAGEN IV.2 *La palanca*



Una palanca es una barra rígida que gira libremente alrededor de un punto de apoyo y permite incrementar la fuerza aplicada a un objeto. La fuerza aumenta de manera proporcional a la longitud de la palanca, haciendo posible mover o levantar un objeto aplicando una fuerza menor a la resistencia.

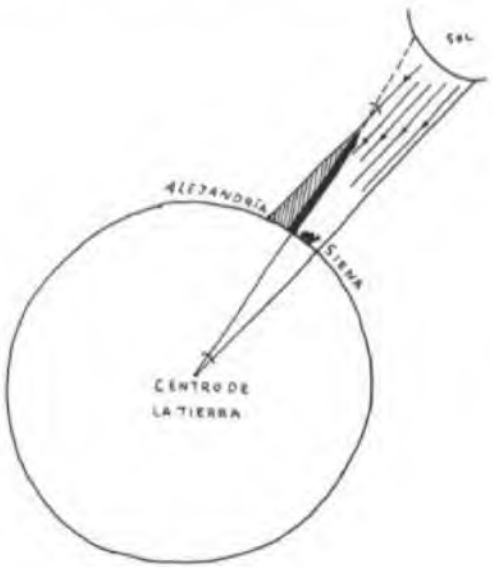
FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

parte, por referencias hechas por otros autores. Con todo, se pueden citar algunos de sus textos más representativos: *Sobre el equilibrio de los planos, Sobre la medida de un círculo, Sobre las espirales*. Arquímedes murió a manos de soldados romanos en su natal Siracusa.

Eratóstenes (276-194 a. C.)

Uno de los más importantes geógrafos del mundo antiguo, Eratóstenes fue la cabeza de la Biblioteca de Alejandría durante muchos años. Mantuvo una relación cercana con Arquímedes, lo cual le permitió compartir con este información y conocimientos en las áreas de mutuo interés. Si bien la esfera terrestre ya había sido dividida en zonas, Eratóstenes fue pionero en dibujar la Tierra bajo las coordenadas de meridianos de longitud y paralelos de

IMAGEN IV.3. *Método de Eratóstenes para medir la circunferencia de la Tierra*



El método de Erastóstenes para medir la circunferencia de la Tierra consistió en medir el ángulo que produce la sombra sobre un objeto vertical al mediodía en dos lugares distantes, las ciudades de Alejandría y Siena.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

latitud. Se le atribuye la creación de la esfera armilar: un modelo de la esfera celeste en el que se podía modelar el movimiento de estrellas o planetas alrededor de la Tierra. Versiones diversas de este artefacto formaron parte del quehacer astronómico hasta el siglo XVII.

Este "matemático entre geógrafos" es reconocido por haber calculado la longitud de la circunferencia de la Tierra con una exactitud que solo sería cuestionada hasta la época moderna. Por testimonios de viajeros, Eratóstenes sabía que en la ciudad de Siena, al mediodía de todos los 21 de junio, ningún objeto producía sombra y por lo tanto se concluía que el sol estaba justo sobre ellos. Eratóstenes conocía de primera mano que, en Alejandría, sin importar la época del año, los objetos siempre formaban sombra. Fue así como se le ocurrió que, si pudiera medir la sombra que generaban los objetos en Alejandría en el momento en el que en Siena no se producía sombra alguna, podría calcular la circunferencia de la Tierra.

Así, para calcular la circunferencia, el 21 de junio midió el ángulo de la sombra que generaba el sol sobre un obelisco en Alejandría, y usando geometría fundamental, concluyó que el sol se encontraba desviado siete grados y catorce minutos. Luego, de nuevo haciendo uso de geometría simple y tomando el centro de la Tierra como punto de referencia, concluyó que la distancia en grados entre Alejandría y Siena serían los mismos siete grados y catorce minutos (véase la imagen IV.3.). Esto corresponde a una cincuentava parte del total de 360 grados que tiene un círculo y, por lo tanto, si pudiera calcular la distancia entre Siena y Alejandría, solo debía multiplicar por cincuenta dicha cifra, para hacer una estimación de la longitud de la circunferencia terrestre. Los viajeros calculaban que un camello andaba en promedio cien estadios (unos veinte kilómetros) diarios y que cubrían la distancia entre las dos ciudades en cincuenta días. Por lo tanto, la distancia entre las dos ciudades sería de 5000 estadios y la circunferencia de la Tierra de 250 000, lo que equivale a unos 50 000 kilómetros. Esta medida lograda por Eratóstenes varía en un 20% de la estimativa actual, que es cercana a los 41 000 kilómetros.

Aristarco de Samos (310-230 a. C.)

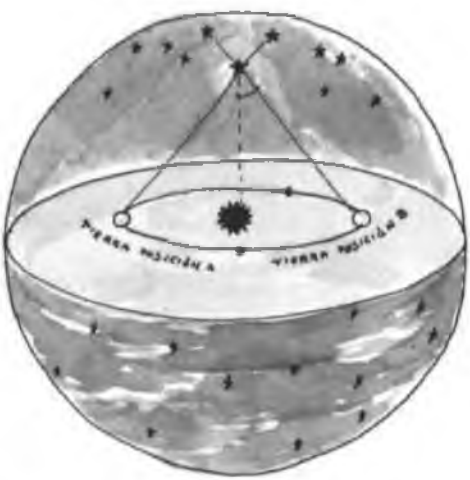
Aunque el modelo de Eudoxo permanecería casi igual hasta finales del siglo IV a. C., a lo largo del siglo III a. C. dos teorías originales en términos astronómicos y cosmológicos serían introducidas por Apolonio de Perga y Aristarco de Samos. Apolonio introdujo las nociones de esferas excéntricas y epiciclos que retomaría la astronomía de Claudio Ptolomeo. A Aristarco, por su parte, se le atribuye una temprana propuesta de un sistema heliocéntrico.

Si bien los trabajos de Aristóteles habían afirmado la teoría geocéntrica, Aristarco propuso un sistema en el cual el Sol está en el centro del universo

y la Tierra, los demás planetas y la bóveda celeste giran alrededor de este. Aunque no fue el primero en mover a la Tierra del centro del universo —los pitagóricos habían propuesto un sistema en el cual la Tierra giraba alrededor de un "fuego central"—, su teoría es muy celebrada hoy en día por todos aquellos que consideran que se adelantó a la visión copernicana. Así mismo, miradas poco históricas suelen criticar a sus sucesores por no ver la supuesta genialidad de la teoría y por preferir el modelo geocéntrico.

Como lo anotamos más arriba, el modelo de múltiples esferas concéntricas de Eudoxo significó un avance sustancial, pero dejó sin explicación fenómenos como el aparente cambio de luminosidad y, por ende, de distancia de los planetas con respecto a la Tierra. Si miramos con cuidado el momento histórico en el cual fue propuesta, entenderemos que lo que para la astronomía moderna puede parecer evidente, resulta absurdo e impensable para un

IMAGEN IV.4. *Paralaje estelar*



El término *paralaje*, en general, se refiere al cambio de posición aparente que tendría un objeto cuando se le mira desde dos posiciones diferentes. En el caso de la astronomía moderna y en el contexto de un sistema heliocéntrico, el paralaje estelar se refiere a que, al moverse la Tierra en su órbita alrededor del Sol, la posición de una estrella cercana cambiará aparentemente, de manera que poco a poco describirá una elipse en relación con el fondo de estrellas lejanas. La elipse completa se "pintaría" al término de un año, es decir, cuando la Tierra complete su ciclo de rotación.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

hombre del siglo III a. C. En primer lugar, tenemos que tener en cuenta el sentido común. La Tierra es en apariencia estable y su movimiento resulta contrario a la experiencia y el sentido común. Tanto el movimiento de la Tierra alrededor del Sol como el movimiento de rotación pueden parecer absurdos. Para que la Tierra gire sobre su eje cada veinticuatro horas sería necesario que se moviera a gran velocidad de occidente a oriente, lo cual no es perceptible y, por el contrario, tendría consecuencias catastróficas. Por ejemplo, ya que la Tierra estaría en un movimiento continuo con respecto a varios objetos que se encuentran en el aire (nubes, pájaros, insectos, entre otros), ¿cómo harían las aves para retornar a su nido?, ¿cómo explicaríamos la caída libre en línea recta?, ¿por qué los proyectiles o los objetos lanzados al aire no son afectados por este movimiento?

En segundo lugar, remover la Tierra del centro supone también desterrar al hombre de su posición central en el universo y cuestionar una cosmología antropocéntrica fuertemente arraigada. En tercer lugar, rompía con la fuerza de los argumentos aristotélicos del movimiento natural, argumentos que resolvían de manera clara los problemas filosóficos y físicos de ese momento (véase el capítulo III). Por último, un contundente argumento técnico sería la ausencia de "paralaje estelar". Es decir, la explicación del cambio aparente que tendrían los cuerpos celestes frente al fondo estelar cuando hay un cambio de posición por parte del observador. En tiempos de Aristarco el fenómeno de paralaje no era visible debido a las enormes distancias entre el Sol y los planetas. Aristarco calculó que el Sol estaría unas veinte veces más lejos que la Luna con respecto a la Tierra y, de manera análoga, que el tamaño del Sol sería unas veinte veces mayor al de la Luna. Según cálculos contemporáneos, el Sol está unas cuatrocientas veces más lejos que la Luna y su tamaño es cuatrocientas veces mayor.

Cabe señalar que en el único de los escritos de su autoría que se conservó, *Sobre los tamaños y las distancias del Sol y la Luna*, Aristarco basó sus análisis y cálculos en una visión del universo geocéntrica. El modelo heliocéntrico, por ser más simple, presenta ventajas, pero para que sea plausible y reúna los méritos para sustituir el modelo aristotélico se van a requerir grandes cambios en la historia de la filosofía.

Claudio Ptolomeo (100-170)

No es mucho lo que sabemos de la vida de Claudio Ptolomeo, pero los detalles históricos de su propio tiempo pierden interés frente al descomunal impacto que su obra tendría mucho más tarde. Los escritos de Ptolomeo fueron estudiados a profundidad por parte de astrónomos árabes y tuvieron amplia difusión en el mundo cristiano. En el siglo XV circularon numerosas traducciones al latín y versiones impresas.

Vivió a principios del siglo II de nuestra era y la mayor parte de su vida residió en Alejandría, que, como hemos dicho, fue un núcleo comercial y cultural único en el mundo y, por lo mismo, un lugar privilegiado para acumular experiencias y conocimientos de toda índole. Vinculado con el Museo y la Biblioteca de Alejandría, tuvo acceso a información privilegiada. Obras de la importancia del *Almagesto* o la *Geografía* de Ptolomeo solo pueden tener origen en centros de acopio tan poderosos como lo era Alejandría en el siglo II. Ptolomeo es autor de tratados de temas como geografía, astronomía y óptica, todos compilaciones de conocimientos muy amplios que contienen un complejo tratamiento matemático.

Claudio Ptolomeo (Ptolemaida Hermia, Egipto)

Matemático, astrónomo y geógrafo grecoegipcio. Una de sus primeras y principales obras fue *Almagesto*, en la cual consignó un extenso catálogo de estrellas y explicó con un fundamento matemático los movimientos del Sol, la Luna y algunos planetas. Lo anterior, partiendo de una concepción geocéntrica del universo, que asumía la inmovilidad de la Tierra.

Otra obra de gran relevancia de Ptolomeo es *Geographia*, en la cual logró consignar el mundo conocido hasta entonces y las ubicaciones de distintos lugares en Europa, África y Asia en términos de latitud y longitud. La obra se compone de ocho libros e incluye más de veinte mapas. Dentro de sus cálculos sobre las dimensiones del globo, Ptolomeo se basó en estimaciones hechas previamente, que suponían que la Tierra era más pequeña de lo que se sabe hoy en día. Esta obra fue utilizada siglos después por Cristóbal Colón en su campaña por emprender un viaje con dirección a Asia circunnavegando el globo. Ptolomeo fue también autor de tratados sobre óptica, astrología y música, todos con un evidente enfoque matemático. Murió a una edad cercana a los setenta años en Canope (Egipto).

Ptolomeo tuvo acceso a múltiples aportes de la astronomía antigua para escribir uno de los tratados más completos de la Antigüedad en esta materia y que, junto con la *Física* de Aristóteles, constituye la versión del cosmos que predominaría durante casi quince siglos. El tratado, que se conoció en griego como *Sistema matemático*, se tradujo al árabe en el siglo IX con el nombre de *Al-majisti* (El más grande) y más tarde al latín, en el siglo XII, como *Almagestum*. El título original nos sugiere que Ptolomeo estaba embarcado en un ejercicio matemático sin demasiadas pretensiones de especular sobre la estructura

física y el verdadero orden del mundo. De hecho, en el prefacio de este tratado se advierte que las discusiones sobre causas divinas del movimiento de los astros o sobre las causas materiales serían pura especulación y que la certeza es solo posible de alcanzar por medio de las matemáticas. En este sentido, se hace evidente más una concepción platónica que aristotélica; es decir, lo fundamental es la coherencia matemática del sistema y no tanto su plausibilidad física. El objetivo de su modelo, al igual que el de Eudoxo, era dar cuenta de los movimientos celestes con una combinación de movimientos circulares, lo cual supone una serie de dificultades para explicar las aparentes variaciones de dirección y velocidad de los planetas.

Si bien las contribuciones teóricas son obvias, el trabajo de astronomía de Ptolomeo es también una impresionante colección de datos. Retomando observaciones de sus antecesores, Ptolomeo catalogó más de mil estrellas en 48 constelaciones y enumeró los planetas en relación con su distancia con la Tierra: primero la Luna, seguida por Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno.

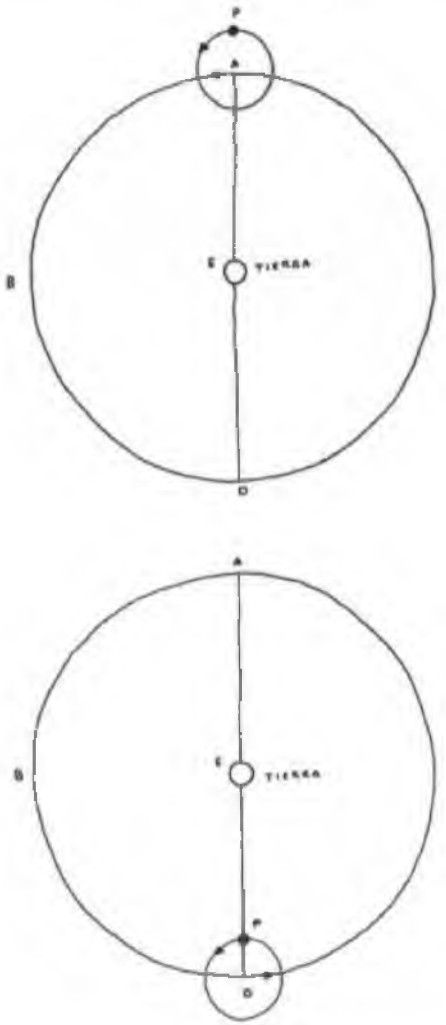
El modelo cosmológico planteado por Ptolomeo recoge de manera directa dos movimientos planetarios planteados por Apolonio de Perga, estos son: el movimiento en círculos excéntricos y el movimiento con base en epiciclos. La importancia de Apolonio de Perga (ca. 220 a. C.) radica en sus propuestas de nuevas formas de explicar el movimiento aparente que describen los planetas en el firmamento, así como la variación en su distancia con respecto a la Tierra. El uso de epiciclos supondría que cada planeta tiene un movimiento circular cuyo centro hace parte de otro círculo en movimiento, que a su vez está centrado en la Tierra. Con las esferas excéntricas, por otro lado, el centro del movimiento circular de un planeta no coincide con la Tierra (véanse las imágenes IV.5. y IV.6.).

Basándose en estos dos movimientos, y sus combinaciones en todos los sentidos, Apolonio quiso explicar las irregularidades del movimiento de los astros conservando dos principios fundamentales de la cosmología griega: en primer lugar, que la Tierra es el centro del universo y, en segundo lugar, que el movimiento de los astros es circular y uniforme.

Al igual que Apolonio, Ptolomeo estaba seguro de que el movimiento celestial tenía que ser de tipo circular y uniforme. Pese a que los modelos excéntricos y epicíclicos, y sus respectivas combinaciones eran muy poderosos y explicaban de manera satisfactoria las irregularidades de los cuerpos celestes, presentan obvias limitaciones, y Ptolomeo tuvo que desarrollar una tercera figura que se conoce como el "modelo ecuante". Con este pretendía explicar los cambios de velocidad aparentes que tenían los planetas con relación a la Tierra.

Ptolomeo introdujo en la esfera celeste una complejidad matemática que Eudoxo no hubiera podido imaginar ni aceptar quinientos años antes. Las diferentes combinaciones de los tres movimientos lo llevaron a crear un

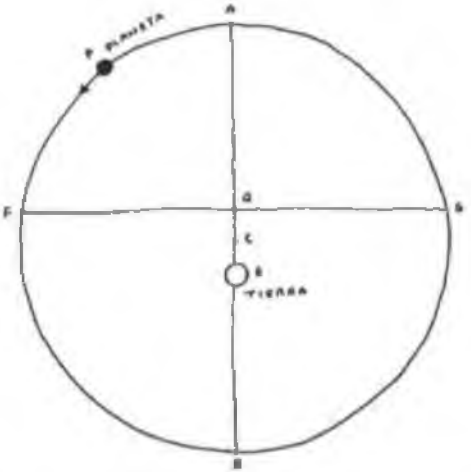
IMAGEN IV.5. *Órbitas planetarias en epiciclos*



El planeta (P) gira en una órbita circular o epiciclo cuyo centro gira, a su vez, en una órbita circular cuyo centro es la Tierra (E).

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN IV.6. *Órbitas planetarias excéntricas*



El planeta (P) gira en una órbita circular cuyo centro (C) no coincide con la Tierra (T).

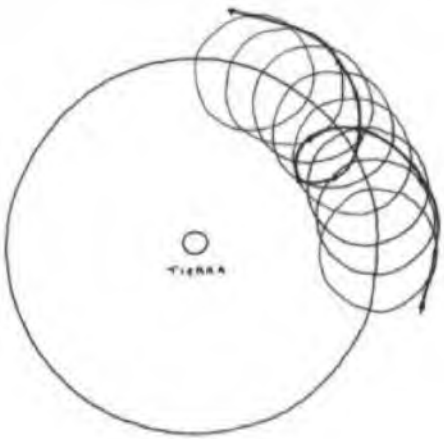
FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

modelo cosmológico basado en el movimiento simultáneo de unos ochenta círculos, el cual, a pesar de su complejidad y de las reiteradas objeciones señaladas por astrónomos árabes, no tendría rival a lo largo de toda la Edad Media, hasta la llegada de modelos copernicanos.

Tanto para los astrónomos de la Antigüedad como para los de hoy en día, el reto ha sido poder representar la naturaleza de una forma ordenada e inteligible, explicando todas las irregularidades en términos de movimientos regulares y uniformes. Los esfuerzos han estado orientados a reducir la complejidad de los movimientos a sus elementos más simples para así poder descubrir el verdadero orden que hay detrás de ese aparente caos que todos observamos. Si bien encontramos en Aristóteles un énfasis en la estructura física, en Ptolomeo vemos un constructor de modelos pragmáticos. Los dos parecen complementarse y darle mayor eficiencia y plausibilidad al modelo geocéntrico "aristotélico-ptolemaico", el cual será el paradigma de la astronomía hasta la revolución copernicana.

El *Almagesto* no fue la única obra astronómica de Ptolomeo, también sobrevivieron un libro titulado *Hipótesis sobre los planetas* y su tratado de astrología, el *Tetrabiblos*. En este último señala cómo el Sol, la Luna y los planetas tienen efectos físicos sobre la Tierra. Para Ptolomeo, así como para Platón, la

IMAGEN IV.7. *Movimiento retrógrado de un planeta*



Movimiento retrógrado de un planeta explicado sobre un modelo de epiciclo y deferente. Mientras el epiciclo se mueve en sentido contrario a las manecillas del reloj, el planeta se mueve de igual forma sobre el epiciclo (la trayectoria aparente del planeta está representada por la línea más gruesa).

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

astronomía nos permite apreciar la belleza y el orden del cosmos; pero, además, en la tradición griega los astros tuvieron un carácter divino y a lo largo del *Tetrabiblos* se defiende la astrología en términos de la natural influencia que ejercen los astros sobre la tierra, el clima, la geografía y la vida humana.

Del *Timeo* de Platón se hereda una concepción de los planetas como deidades que tienen el poder de la creación. De manera que esta cosmología platónica supone una unidad del universo que sustenta las nociones de un mundo humano (microcosmos) que responde a un orden mayor (macrocosmos). La astrología y la magia, para Ptolomeo, son posibles porque el universo es visto como un todo y sus partes se afectan entre sí. La separación entre astronomía y astrología, que a un lector moderno le puede parecer obvia y necesaria, tendrá que esperar varios siglos. La conexión entre los cielos y la tierra es, de hecho, evidente. Los astros son, para empezar, fuente de luz y calor, las estaciones y el clima están conectados con el comportamiento del Sol, además, la Luna y las mareas presentan relaciones aparentes. Además de estas evidencias observacionales, en una profunda tradición religiosa, desde la mitología griega, pasando por Platón y Aristóteles, y desde luego el mundo

cristiano, se mantendrá la idea de una conexión entre el mundo celeste y el mundo terrestre.

La hostilidad hacia la astrología no surge de la astronomía sino de la teología. San Agustín, por ejemplo, sería una de las voces que denunciaría la ilegitimidad y los peligros de la astrología como una afrenta al dogma cristiano. Por un lado, la idea de culto a deidades planetarias se entendió como una forma de idolatría; pero, además, el poder de predicción supone cierto determinismo y la negación del libre albedrío. Aunque la astrología fue una tradición que mantuvo su fuerza hasta el siglo XVII, de forma particular dentro de la tradición neoplatónica y la tradición hermética (del Renacimiento), el cristianismo reprimiría tales prácticas y las consideraría heréticas.

El ataque y desprestigio de la astrología no es una simple consecuencia del nacimiento de la ciencia moderna, surge más bien del temor que genera para el mundo cristiano un conocimiento de esta naturaleza. Todo aquello que condujera a que el hombre tuviera poderes divinos, es decir, cualquier tipo de saber que pudiera predecir y controlar el transcurso de los acontecimientos futuros, era inaceptable. Aun así, el *Tetrabiblos* sería un trabajo astrológico altamente técnico, muy influyente por lo menos hasta la llegada de Newton. A pesar de esta resistencia cristiana, la astrología se mantendría como un campo del conocimiento importante, y en la obra de astrónomos como Copérnico, Brahe, Kepler y el mismo Newton no es posible encontrar una clara separación entre la ciencia de la astronomía y las prácticas astrológicas.

El conjunto de su obra, como veremos más adelante, presenta una astronomía que va más allá de modelos matemáticos al margen de los problemas físicos y mecánicos. En la obra de Ptolomeo confluyen las dos grandes tradiciones filosóficas griegas de Platón y Aristóteles. Por un lado, es evidente una concepción matemática cercana al platonismo, en la cual estas conducen a un conocimiento verdadero, y son un medio para apreciar el orden y la belleza del cosmos. Por otra parte, hay en su obra una genuina preocupación por dar cuenta de la realidad física del universo, en lo cual parece seguir los argumentos de Aristóteles sobre la necesidad de que la Tierra permanezca inmóvil en el centro del universo. Esta coincidencia y tensión entre un modelo matemático y uno físico será, para futuros comentaristas, especialmente en el mundo árabe, su mayor debilidad (véase el capítulo VIII).

En la obra de Ptolomeo surge también una tensión epistemológica sobre la forma correcta de representar los cielos. No se trata simplemente de "salvar las apariencias" con modelos matemáticos artificiales. La pregunta por la concepción física y la mecánica del universo está presente en la astronomía griega desde Aristóteles. La misma astrología supone algún tipo de relaciones físicas reales entre los astros y la Tierra, y podríamos decir que la resistencia a los modelos heliocéntricos que tenían ventajas obvias en términos de simplicidad y orden tienen que ver en buena medida con el hecho de que la Tierra en movimiento violaría principios físicos fundamentales. Desde cierta

perspectiva realista, se espera que la cosmología represente el mundo tal y como es, en el que su pintura sea fiel a ciertos principios físicos; pero, así mismo, está una perspectiva de carácter más instrumental, menos física y en esencia matemática. Se podría decir que el *Almagesto* es una obra de carácter matemático, y que otros escritos del mismo Ptolomeo tienen una preocupación más cercana a la física, tal y como son sus *Hipótesis de los planetas* y el *Tetrabiblos*. Esta separación entre la descripción matemática y la explicación física será justamente la gran dificultad que encontrarán los astrónomos árabes en el modelo de Ptolomeo.

No es extraño ni una coincidencia que un astrónomo sea autor de tratados de geografía y de óptica. La geografía es la puesta en práctica de los conceptos astronómicos de la esfera celeste sobre el globo terrestre. Casi que la geografía y la cartografía son un capítulo de la cosmología, en el que se hace uso del mismo tratamiento matemático de los cielos para construir un modelo geométrico de la esfera terrestre.

La *Geografía* de Ptolomeo hace la clara distinción entre la descripción del mundo en su totalidad (*Geografía*) y la de lugares particulares (*Chorografía*). Nos ocuparemos aquí de la primera.

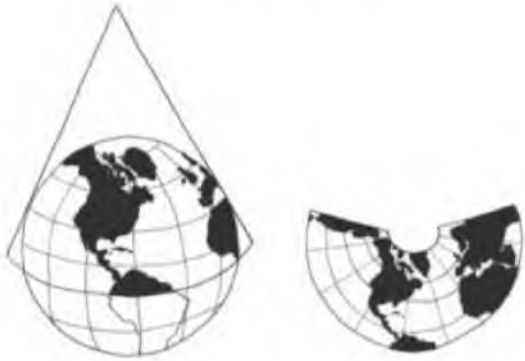
Ningún otro autor, antes o mucho después de Ptolomeo, ofrecería un tratado tan completo sobre la Tierra, con descripciones topográficas de la latitud y la longitud de ocho mil lugares de Europa, Asia y África. Esto se debió en parte porque las conquistas de Alejandro Magno lograron recolectar datos para una cartografía más detallada en un volumen sin precedentes. Su *Geografía*, al igual que el trabajo astronómico, es un robusto banco de datos que solo fue posible recopilar en un poderoso centro como lo era Alejandría; pero, además, e incluso más relevante, la *Geografía* ofrece una explicación detallada de las aplicaciones de la astronomía a la geografía, una guía matemática para hacer mapas de la Tierra al igual que una serie de definiciones básicas para la geografía. Es decir, su obra ofrece un equipamiento completo para la geografía moderna[8].

La geografía de Ptolomeo se enfrenta con el gran reto de dibujar la esfera terrestre sobre un plano. Si bien el mapa más preciso de la Tierra debería hacerse sobre una esfera, resulta más práctica la manufactura de mapas en superficies planas. Esto hizo necesaria la definición de reglas para la transformación de una esfera en un plano.

En lo que sigue, presentamos las reglas básicas de la representación geográfica que, gracias en buena medida a Ptolomeo, nos es hoy bastante familiar y casi natural. En la actualidad parecen casi obvios y naturales los supuestos básicos de su cartografía: la concepción del espacio como un lugar geométrico haciendo uso de coordenadas como meridianos y paralelos, la adopción de la perspectiva para dibujar los mapas y la orientación del mapa en la que

[8] Brotton, *Historia del mundo*, 44.

IMAGEN IV.8. *Proyección cónica*



Una proyección cónica se forma poniendo un cono en contacto con la esfera, al hacerlo, se ve que toca la esfera a lo largo de un paralelo de latitud. Las paralelas son entonces arcos igualmente espaciados de círculos concéntricos, y una proyección cónica equidistante preserva el factor de escala a lo largo de un meridiano, con lo cual es posible generar una imagen plana de una superficie esférica. En la práctica, esa proyección cónica se aplicaba rigurosamente al mundo conocido en la parte norte del globo.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

el norte se ubica en la parte superior y el oriente a la derecha[9]. Para evitar o aminorar las distorsiones de esta abstracción tan radical, Ptolomeo propuso lo que ahora se conoce como *proyección cónica*. Es decir, proyectar el mapa con paralelos equidistantes en una superficie cónica. Para que no resulten deformadas las proporciones de ciertas partes del territorio se debe proyectar en planos distintos cada uno los hemisferios de la Tierra.

La importancia de Ptolomeo trasciende su tiempo y, de hecho, tuvo un impacto mayor en la temprana modernidad europea. Aunque de manera superficial, es útil comentar algo sobre sus traducciones y difusión en los mundos árabe y cristiano. En el capítulo sobre el islam veremos su relevancia para la astronomía árabe; por ahora nos referiremos a su circulación en el mundo cristiano.

La historia de las distintas traducciones de Ptolomeo al latín y su llegada al mundo occidental es muy compleja y la recepción en la Europa moderna tuvo una importante relación con las traducciones árabes. En 1406 apareció la primera versión de *Geografía*, traducida al latín por Jacobus Angelus

[9] Véase Lloyd Brown, *The Story of Maps* (Nueva York: Dover Publications, 1949), capítulo 3.

IMAGEN IV.9. *Mapamundi de 1478*

Mapamundi incluido en *Geografía* de Ptolomeo (Roma, 1478). Podría haber sido estudiado por Cristóbal Colón. Con este la posibilidad de viajar a la India navegando hacia el occidente parece muy plausible. El editor de la versión de *Geografía* de 1478 fue Domitus Calderinus y el impresor fue Conrado Schweinheim, quien introdujo grabados en cobre. Este mapa incluyó la diferencia de dos mares cerrados: el primero es el mar Mediterráneo y el segundo es el océano Índico (Indicum Pelagus), que se extiende hasta el mar de China (Magnus Sinus), al este. Los principales lugares geográficos son Europa, Oriente Medio, India, así como la península del Sureste Asiático (Aurea Chersonesus o "península dorada").

FUENTE: "Habitabilis Nostre Tabula II", *Wikimedia Commons*, última modificación 21 de septiembre del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/aHgCas.

(Jacopo d'Angelo). La primera edición impresa con mapas se publicó en Bolonia en 1477, con veintiséis mapas grabados en cobre. Muchas ediciones europeas le siguieron y, a partir de 1507, nuevas versiones comenzaron a publicarse, entonces con los mapas del Nuevo Mundo. De amplia difusión en los siglos XV y XVI, Ptolomeo fue el referente para una representación científica del mundo antes de los grandes descubrimientos geográficos del siglo XVI. En la divulgación de las obras de Ptolomeo también intervino un grupo de

humanistas que frecuentaba el monasterio de Santa María de los Ángeles, al que también acudían con frecuencia algunos traductores[10]. En ese grupo de humanistas estaba Cosimo de Medici, Carlo Marsuppini, Leonardo Bruni, Poggio Bracciolini y Paolo Toscanelli, entre otros.

Los mapas que acompañan las distintas ediciones de la *Geografía* de Ptolomeo constituyeron el prototipo de la cartografía en Europa occidental. Esto debido a que las reglas básicas de la representación geográfica de Ptolomeo fueron difundidas y perfeccionadas en el temprano Renacimiento. Tanto Colón como Vespucio hicieron uso de la cartografía ptolemaica como apoyo para sus viajes. En la traducción que Fray Bartolomé de las Casas elaboró de los diarios de Cristóbal Colón mencionó que el almirante revisó la edición de Ptolomeo de 1478.

Como es claro para un observador moderno, sus proyecciones se limitan a una parte del globo, el mundo conocido, el ecúmene, que cubre 180° de ancho. ¿Qué hay en el resto del globo? Es una pregunta que no tendrá respuesta en Occidente hasta el siglo XVI con los viajes de exploración de portugueses y españoles.

Aunque muchos historiadores con criterios modernos solo ven como relevantes sus aportes en astronomía y geografía, sus escritos se ocupan de otros temas relacionados como la óptica, un ejemplo más del uso de las matemáticas en la filosofía natural. Siguiendo la aproximación geométrica de Euclides al problema de la óptica, quiso ir más lejos y explicar el fenómeno de la visión humana, incluyendo la estructura del ojo. En sus textos sobre óptica se incluyen explicaciones geométricas de la reflexión y de la refracción, y se ocupa del tema con detallados experimentos con espejos.

En el mundo helénico, los problemas astronómicos, geográficos, la óptica, los pesos y palancas adquirieron un sofisticado tratamiento matemático, muchas veces orientado a la solución de problemas mecánicos y prácticos. Esta estrecha relación entre práctica y teoría al servicio de los intereses del Estado imperial sería un elemento central para la idea moderna de ciencia. En el Renacimiento y la llamada revolución científica veremos el florecimiento de una poderosa tradición matemática y, también, un acercamiento entre teoría y arte o, si se quiere, entre *ciencia y tecnología*.

La historia de la verdad, como queda claro con el ejemplo de Alejandría, no es la historia de genios aislados, ideas o descubrimientos hechos en solitario. Los grandes logros de la ciencia que describimos de manera sucinta en este acápite, la geometría euclidiana, la mecánica de Arquímedes, la astronomía y la geografía ptolemaica fueron posibles como resultado de la puesta en

[10] Sobre la recepción de la *Geografía* de Claudio Ptolomeo en el temprano Renacimiento, véase Patrick Gautier, "The Reception of Ptolemy's *Geography* (End of the Fourteenth to Beginning of the Sixteenth Century)", en David Woodward, *The History of Cartography* 3 (Chicago: The University of Chicago Press, 2007), 285-364.

marcha de grandes centros de acopio de conocimiento al servicio de grandes Estados imperiales. Sin instituciones como la Biblioteca y el Museo, sin el cometido imperial de reunir y organizar el conocimiento para el desarrollo de grandes proyectos políticos, ninguna de estas grandes figuras de la ciencia alejandrina habrían tenido la importancia que hoy les reconocemos.

Capítulo v
ROMA

Roma creció a partir de una pequeña población etrusca del siglo VII a. C. hasta convertirse en el centro de un gran imperio que, para el siglo I a. C., tuvo bajo su dominio casi la totalidad del Mediterráneo, incluyendo Grecia, Asia Menor y el norte de África. Durante los primeros cuatro siglos de la era cristiana, el Imperio romano llegó a dominar un enorme espacio geográfico que se extendió desde el Atlántico, en el occidente, hasta Persia, en el oriente; y desde las islas británicas, al norte, hasta las costas en el sur del Mediterráneo. En este vasto imperio predominaron dos lenguas: el latín y el griego, la primera fue difundida desde Roma a todo el imperio occidental y la segunda fue la lengua dominante en la parte oriental. La conquista de territorios griegos hizo que Roma mantuviera una comunidad griega en el seno del Imperio romano; por lo cual la lengua no fue un impedimento para mantener vivas las tradiciones filosóficas griegas. De hecho, las traducciones del griego al latín fueron bastante comunes.

El bilingüismo permitió que la erudición de los hombres de letras y de la aristocracia romana implicara familiaridad con autores griegos. Un ejemplo notable de este tipo de letrados romanos fue Cicerón (106-43 a. C.), un estudioso de la filosofía griega, autor de numerosos tratados latinos influenciados por el pensamiento griego, en particular por el estoicismo y el platonismo. Cicerón hizo una traducción al latín del *Timeo* de Platón y contribuyó a conservar y difundir los distintos debates filosóficos griegos. En su obra sobresale una marcada defensa de la estrecha relación entre Dios, el universo (el macrocosmos) y el hombre (microcosmos), idea que sobreviviría y sería determinante para la cosmología medieval, la magia, la astronomía y parte importante de la filosofía renacentista.

Para entender el papel de Roma en la historia de la filosofía debemos preguntarnos qué pasó con la filosofía y la ciencia en el Imperio romano; si se opacaron o si se transformaron los intereses filosóficos que tanto celebramos de los griegos. Horacio, el escritor romano, afirmó que mientras que los romanos conquistaban militar y políticamente el mundo griego, la conquista artística e intelectual se daba en la dirección opuesta. La actividad intelectual griega entre romanos, más cercana a los intereses de la élite, se preocupó menos por las sutilezas de la metafísica y la epistemología griegas, o por los detallados desarrollos matemáticos, astronómicos o anatómicos, y más

por los saberes que parecían tener un valor práctico[1]; entre ellos, la retórica y la lógica, centrales para los debates políticos y legales. Como todo gran imperio, Roma demandaba una burocracia educada y requería de la concentración de conocimientos y capacidades técnicas.

A manera de ejemplos, y sin duda insuficientes para entender la ciencia romana antes del triunfo del cristianismo, nos ocuparemos, por un lado, de los grandes proyectos enciclopédicos, como el de Plinio Segundo; y por otro, le daremos una mirada al caso de la medicina, en particular a la obra de Galeno. De manera que no sería justo afirmar que los romanos despreciaron la filosofía.

Plinio Segundo: "Todo el mundo natural en una sola obra"

En el creciente Imperio romano se produjeron importantes proyectos enciclopédicos que recopilaron conocimientos de diversos temas en grandes tratados. Esta tradición latina comenzó en el siglo I a. C. con Marcus Terentius Varro (116-27 a. C.); pero los logros más representativos fueron los de Séneca (4 a. C.-65 d. C.) y los de Cayo Plinio Segundo, también conocido como Plinio el Viejo (23-79 a. C.), de quien nos ocuparemos con cierto detalle.

En el tránsito de las tradiciones filosóficas griegas al mundo romano durante los primeros siglos de la era cristiana, sobresale el trabajo de Plinio Segundo como el más ambicioso e influyente de los proyectos enciclopédicos. Al servicio de los emperadores Vespasiano y Tito, Plinio produjo una gran obra de amplia difusión con el título de *Historia natural*. No hay duda de que Plinio fue un hombre extraordinario, pero este tipo de obras colosales solo pueden producirse en poderosos centros culturales y económicos, como lo fue Roma, gracias a que contaba con un robusto servicio de correo, importantes bibliotecas privadas y, en general, acceso a información como pocos lugares en el mundo.

La influencia de la *Historia natural* fue tal, que sirvió como referencia para enciclopedias que se hicieron, incluso, quince siglos después; así mismo, navegantes como Marco Polo, Cristóbal Colón, Fernando de Magallanes y Gonzalo Fernández de Oviedo hicieron de Plinio uno de sus referentes principales en sus viajes y expediciones.

En este libro veremos formas distintas de entender la expresión *historia natural*, la cual no significa lo mismo en la obra de Aristóteles, que en la de Plinio, en la de los autores cristianos, los exploradores del Renacimiento ni en la de Carlos Linneo o la de Buffon en la Ilustración. Sin embargo, a lo

[1] Véase Lindberg, *Los inicios*, 179-210.

largo de esta extensa historia se mantiene el objetivo común de describir y catalogar la totalidad de los objetos naturales. Las grandes colecciones, tanto en Roma, como en la Edad Media, en el mundo moderno o en la Ilustración, están atadas a grandes proyectos imperiales y adquirieron un sentido económico y político evidente.

La *historia*, en el mundo antiguo, se suele relacionar con la narración de hechos memorables, lo que se debe recordar. Una historia de la naturaleza o natural se ocupa entonces de objetos, plantas y animales dignos de atención, con cierta tendencia a destacar lo extraño y lo viejo, con testimonios de viajeros y catálogos de objetos que provienen de lugares remotos. No se hace historia natural del propio jardín, pues ella se ocupa de objetos maravillosos y distantes, de ahí la estrecha relación de la historia natural con los bestiarios medievales, con los gabinetes de curiosidades del Renacimiento y los posteriores grandes museos.

Por otro lado, la idea de *naturaleza* (*physis*) en el mundo griego supone entender "la naturaleza de una cosa". Una "historia natural" es también una investigación sobre el mundo natural que trae consigo la pregunta sobre cómo llegaron a ser las cosas. Tiene entonces un componente cronológico y realista, que a diferencia de la retórica, la épica o la poesía, implica un rigor que hoy podríamos llamar científico, que pretende la descripción de lo ocurrido, y de lo que hay, tal y como es.

Para el lector moderno, estas empresas de catálogos tan amplios en los contextos antiguos y medievales invitan a reflexionar sobre la validez de estos conocimientos: ¿cómo un único autor pudo corroborar la realidad de los eventos o criaturas a las que hizo referencia sin posibilidad de haber sido testigo directo? Más aún cuando en muchos de estos tratados es común encontrar referencias a fenómenos extraños y a toda clase de monstruos y criaturas que hoy consideramos fantásticas.

La obra de Plinio se compone de 37 libros, en los cuales se ocupa de la astronomía y la cosmología, de la geografía y de cada uno de los continentes conocidos: Europa, Asia y África, y de la naturaleza humana. También incluye en su obra los animales terrestres y acuáticos, las aves, reptiles e insectos; las plantas y sus usos medicinales; la agricultura; los metales, y, en general, se encarga de todos los posibles campos del conocimiento útiles para el hombre.

La cosmología y la geografía de Plinio siguen en términos básicos el modelo geocéntrico de Aristóteles y Ptolomeo. En esta corta presentación de su obra nos interesa más su manera de entender el mundo natural; en particular, el hombre y los animales, lo cual implica que dejaremos de lado buena parte de los temas que trata en su *Historia natural*.

En el primer capítulo del libro séptimo, "De estrañas figuras de gentes", Plinio inicia una descripción de criaturas extraordinarias y nos advierte, "entre las cuales no dudo que muchas parecerán monstruosas e increíbles, porque,

¿quién creyera que había negros antes que los viesen?"[2]. De manera que Plinio tiene la confianza de estar reportando razas humanas extrañas y aterradoras; pero reales, pues si bien él mismo no las ha visto, sus fuentes y testimonios son de confiar.

Allí nos describe entonces una raza de hombres que come carne humana; a los arimaspi, hombres con un solo ojo en medio de la frente; a los ilirianos, que podían matar con la mirada; otro linaje de hombres llamados monoscelos (también conocidos como esciápodos), "de una sola pierna y maravillosa ligereza en el salto" y que en tiempos de calor se protegen con la sombra de sus pies; hombres sin boca; vellosos por todo el cuerpo y que se alimentan de solo el aliento; los que no comen ni beben y viven de diversos olores; hombres con rabo velloso, o con orejas enormes que les cubren el cuerpo entero; hombres que viven de las flores (iotófagos); los que tienen cabeza de perro (cinocéfalos o *cynamolgis*), o con el rostro en su pecho (blemios), entre una larga lista de humanos monstruosos.

Insistimos que para Plinio estas criaturas son extrañas y desconocidas, pero tan reales como los demás grupos humanos o animales que resultan comunes y familiares. Una vez nos ha presentado esta gama de gentes extrañas, se ocupa de la especie humana con detalle y precisión, describiendo sus características desde el parto hasta la madurez, en lo que podemos reconocer un vasto conocimiento basado en la experiencia.

IMAGEN V.1. *Alejandro se encuentra con los blemios, John Talbot, 1445, Rouen*

FUENTE: © The British Library Board. "Royal 15 E VI fol-21v sans teste", *Wikimedia Commons*, última modificación 20 de mayo del 2010, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/V6k7

[2] Cayo Plinio Segundo, *Historia natural* (Madrid: Universidad Autónoma de México y Visor Libros, 1999), 304.

Además de las monstruosidades humanas, la *Historia natural* presenta los más diversos relatos con criaturas que hoy nos parecen increíbles: unicornios, serpientes de dos cabezas, felinos alados, entre otros. Lo anterior reafirma la idea de *historia* relacionada con lo extraordinario y se convierte, hasta cierto punto, en una obra precursora de los libros de maravillas y bestiarios que tuvieron su apogeo durante el Medioevo tardío. Este hecho ha facilitado reiterados juicios sobre la obra de Plinio como fantasiosa o poco rigurosa. Pese a que cuenta en sus páginas con descripciones que hoy en día nos parecen fantásticas, Plinio siempre quiso sustentar sus descripciones como el fruto de su propia experiencia y, cuando no le fue posible, recurrió a fuentes reconocidas en la época. La cantidad de fuentes diversas de las que se nutre su obra nos habla, por un lado, de su dedicada vocación y, por otro, del lugar privilegiado que ocupaba su autor.

Como lo explica el prefacio de la obra, Plinio y sus asistentes consultaron miles de volúmenes de más de cien autores, quienes recopilaron numerosos datos. De hecho, en la obra se hace referencia a 473 autores distintos[3]. En primer lugar, acudió a autores griegos, entre ellos Aristóteles, uno de las más importantes, a quien elogia y considera confiable. Teofrasto es una referencia también frecuente, en particular, relacionada con plantas útiles. Hay una lista larga de autores latinos, médicos y viajeros, de hecho, se podría decir que en las referencias de la *Historia natural* encontramos la totalidad de autores conocidos en tiempos de Plinio. El cuidado con que se recopilan las fuentes no solo es una forma de honrar a sus predecesores, sino una contundente muestra de erudición y autoridad. Aunque el trabajo contiene algunas explicaciones de fenómenos naturales, su verdadero propósito fue enciclopédico. La intención de su *Historia natural* la resume Plinio en el prólogo: intentar tratar todo el mundo natural en una única obra[4].

Cayo Plinio Segundo (Como, Italia, 23-79)

También conocido como Plinio el Viejo. Fue un militar y dedicado estudioso del mundo natural, que estuvo al servicio del Imperio romano. Bajo el mandato de Nerón parece haber estado en retiro, pero durante el reino de Tito se le otorgaron cargos importantes: fue un funcionario y administrador de alto rango. De hecho, mantuvo una relación cercana con los emperadores Vespasiano y Tito. A este último,

[3] Edward Grant, *Physical Science in the Middle Ages* (Cambridge: Cambridge University Press, 1977), 7.

[4] Lindberg, *Los inicios*, 192.

Plinio le dedicó su obra más importante: *Naturalis historia*. Murió en el año 79 asfixiado por los vapores del volcán Vesubio en erupción, al parecer buscando una apropiada observación. Si bien fue un prolífico escritor en diversos frentes, el único trabajo que se conserva completo es su *Historia natural*; en sí misma una obra inmensa, compuesta de 37 libros, que cubren casi la totalidad de las áreas del conocimiento.

La visión de Plinio de la religión y su manera de entender la relación entre Dios y la naturaleza merecen un comentario. Para los autores cristianos, posteriores a Plinio, Dios es supremo y omnipotente, de Él depende el mundo natural, su devenir y todas sus criaturas. No es este el caso de Plinio. La naturaleza tiene la capacidad de crear, pero al mismo tiempo reglas a seguir. Es más, la naturaleza parece imitar un comportamiento humano, en ocasiones de forma caprichosa produce cosas como las flores, para el gozo estético del hombre. No siempre sigue el camino de la perfección y puede jugar, *natura ludens*.

En su obra, la naturaleza (*natura*) se refiere más a la "naturaleza de las cosas": *rerum natura*. Allí podemos reconocer una noción cercana al pensamiento griego, ciertas nociones aristotélicas y, en particular, al estoicismo, en el cual el mundo mismo es divino, un mundo que no ha sido creado y es eterno.

En la relación entre el hombre y la naturaleza aparece un evidente antropocentrismo. La obra de Plinio forma parte de una cosmología en la cual tanto la Tierra como el hombre son el centro del universo. Al inicio del mismo capítulo séptimo, "Figuras admirables de gentes", Plinio escribe: "[...] hablaremos [...] primero del hombre, con muy gran razón, pues por su causa parece haverse criado todos los demás, aunque con tan grande y cruel contrapeso contra sus excelentes dones que no se puede bien averiguar si le haya sido [la naturaleza] buena madre o mala madrastra"[5]. Su descripción de la naturaleza humana señala como un hecho paradójico que la criatura "que ha de mandar a todos los otros animales" es desde el nacimiento una especie llena de debilidades. "Los demás animales tienen sus particulares naturalezas. A unos es propia la ligereza, a otros el bolar, a otros grandes fuerzas, con otros se nace el nadar, mas el hombre ninguna cosa sabe sin aprendella, no habla, no anda, no come y, en suma, no saca del vientre sabido

[5] Cayo Plinio Segundo, *Historia natural*, 302.

sino llorar"[6]. Así nos presenta la naturaleza humana como patética y al mismo tiempo como privilegiada.

Los seres humanos son el centro de la naturaleza y es para su provecho que existe todo lo demás. Los árboles existen para que los seres humanos tengan madera; el trigo, para proveer a los humanos de alimento, y las numerosas descripciones de plantas y animales están escritas en función de su utilidad, de su historia en relación con los hombres. La naturaleza, además de su riqueza material, ofrece lecciones morales; los animales, en particular, encarnan virtudes o vicios humanos.

En la historia natural antigua era frecuente atribuirles personalidades a los animales. El asno era estúpido; el zorro, intrépido; la serpiente, malvada. El primero de una larga lista, cerca de sesenta descripciones de animales de tierra, es el elefante, el cual posee una gama de virtudes humanas tales como la justicia, la memoria, la lealtad y la prudencia. "Déstos, el mayor es el elephante y más allegado a los sentidos humanos, porque entiende el lenguaje de su tierra, tienen obediencia al superior y memoria de los oficios que aprenden; deléitanse en el amor y honra y, lo que en pocos hombres se halla, son capazes de bondad, prudencia y justicia"[7]. El detallado texto que se ocupa de los animales describe con atención la relación de estos animales con los romanos y nos enseña sobre su fisiología, características naturales y sobre cómo cazarlos, domesticarlos y, finalmente, sacar provecho de ellos. No sorprende entonces que las descripciones más extensas y detalladas sean las de los animales más cercanos al hombre, como el elefante, el perro o el caballo. Muchos de los capítulos que corresponden a los animales, y sobre todo a aquellos que son considerados los más fieros, inician con una breve aclaración sobre cuándo fueron llevados a Roma por primera vez y quién había conseguido hacerlo.

El antropocentrismo es notorio, pero es justo aclarar que el centro de su obra no es la especie humana, sino algo mucho más específico: el romano. La preponderancia de Roma se ve reflejada en hechos puntuales que, por supuesto, no son desconocidos para Plinio: las conquistas del Imperio, la imposición de la *Pax romana* y la inmensa red comercial con la cual contaba para la época quizá sean algunos de los más prominentes.

La *Historia natural* es mucho más que un listado de criaturas o hechos sorprendentes, pretende ser un tratado práctico, una especie de manual para que el hombre de conocimiento, el romano educado, pueda tener control total sobre el mundo natural. No podemos olvidar que la obra fue dedicada al emperador Tito, quien era su patrón.

De manera similar a como hace con los animales y plantas, Plinio se ocupa de otros elementos de la naturaleza importantes para el comercio. De

[6] *Ibid.*, 302.
[7] *Ibid.*, 356.

ahí el lugar central que tienen mercancías, minerales o especias de Oriente. Así, el mundo natural es objeto de dominio humano, o mejor, de control imperial. La obra es también una suerte de catálogo de recursos de todo tipo, minerales y vegetales. Una parte importante del texto está dedicada a sustancias medicinales, entre las cuales el cuidado de la salud es una obvia necesidad del imperio (del libro XXIII al XXXII).

En la mayoría de las descripciones de estos elementos de "provecho" se menciona su lugar de origen, como para mostrar de dónde pueden ser explotados. Cada una de las fuentes que cita Plinio también es evidencia de las tradiciones y legados que se reflejan en la obra, como los conocimientos griegos que los romanos incorporaron a su cultura. Su propósito fue entonces reunir en un solo tratado, de manera ordenada, todo el conocimiento existente y confiable sobre la naturaleza para los romanos. La *Historia natural*, podemos decir, es una descripción del patrimonio del hombre.

Como hemos dicho, la principal característica de una planta o de un animal es su utilidad material, médica y moral, que la providencia le ha otorgado; sin embargo, la naturaleza parece operar basada en principios de simpatías y antipatías. Siguiendo ideas familiares a los griegos, las criaturas mantienen relaciones antagónicas, y la naturaleza, para mantener su equilibrio, crea seres con propósitos opuestos[8]. Así, el poderoso león puede ser dominado por el canto del gallo, el elefante se ve desafiado por el dragón o el diamante solo cede en dureza por obra de la sangre del macho cabrío. Los ejemplos mencionados nos remiten a las relaciones entre macro y microcosmos, y la existencia de relaciones mágicas forma parte de un conocimiento legítimo.

Los copistas medievales trascribieron la obra de Plinio de manera prolífica y poco estable, lo cual produjo versiones disímiles, algunas de las cuales contenían fragmentos ajenos o eran solamente resúmenes. Hoy se conocen más de treinta manuscritos medievales que contienen fragmentos de la obra de Plinio, y más que la obra de un solo hombre, lo que contamos es una larga tradición pliniana que fue de enorme trascendencia durante toda la Edad Media.

En el Renacimiento, y con la aparición de la imprenta, su obra alcanzó una mayor difusión, estabilidad y crítica. Varias ediciones y comentarios aparecieron en la España del siglo XVI. Tal vez el más destacado y de especial importancia para el mundo hispánico es el trabajo de Francisco Hernández, quien por más de diez años trabajó en la traducción de la obra de Plinio al castellano, en una versión comentada en detalle.

[8] French, *Ancient Natural History*, 206.

Enciclopedias, bestiarios y herbolarios

Plinio es apenas el inicio de una tradición enciclopédica en historia natural, sobre la cual vale la pena hacer un breve comentario. La historia natural en la Edad Media no es un campo del conocimiento definido y bajo esta etiqueta nos referimos a un mundo de saberes diversos, entre los cuales se destacan dos tipos de textos: el herbolario y el bestiario[9]. La botánica y la medicina tienen historias entrelazadas, y los herbolarios dan la impresión de seguir una tradición médica y una serie de prácticas muy cercana a saberes farmacéuticos[10]. *De materi medica*, de Dioscórides (ca. 40-90), y sus versiones latinas, fue un modelo para muchos otros que recopilaron listados de plantas que incluían la descripción morfológica y el lugar de origen, aunque el interés primordial radicaba en sus virtudes medicinales. El libro sobre plantas en la *Historia natural* de Plinio es en buena medida un tratado de farmacia, que luego tendría eco: a lo largo de la Edad Media reconocemos una tradición de herbolarios con propósitos medicinales.

Los bestiarios, por su parte, son más recopilaciones de saberes populares y mitología animal, ricas en simbolismo y asociaciones, que pretendían instruir y entretener[11]. Los bestiarios se suelen relacionar con colecciones de fábulas y supercherías, más cercanos a la literatura fantástica que al conocimiento del mundo natural. No obstante, la historia natural medieval e incluso los bestiarios no deben ser calificados como obras de poco valor en la historia de la verdad. Son, más bien, una forma de abordar el mundo natural desde una perspectiva distinta, que responden a un contexto y a unas pautas de pensamiento propios. Por lo tanto, no deben ser calificados con parámetros de la historia natural o la biología modernas.

Entre los más destacados tratados sobre animales está la obra de Claudio Eliano (ca. 175- 235). Estudioso de la literatura griega, Eliano fue autor y profesor de retórica latina y habría de pasar a la posteridad por mérito de una de sus obras: *De natura animalium*. Este tratado sobre los animales recoge una gran cantidad de fuentes y escritos de la Antigüedad clásica (en los que se destacan Aristóteles y Plinio). La obra de Eliano semeja una especie de miscelánea de historias y anécdotas, cuyo único criterio de agrupación identificable es que sus protagonistas son los animales. El texto no se ordena en secciones, como sucede en los textos aristotélicos, ni tampoco parece contar con una jerarquía o la división de animales según el medio en que habitan (tierra, agua, aire) al estilo de Plinio. En cada uno de los diecisiete libros en que está dividida la obra se mencionan animales terrestres como el perro y la

[9] Lindberg, *Los inicios*, 436.
[10] *Ibid.*, 438.
[11] *Ibid.*, 442.

cabra, pero los relatos —breves en su mayoría— se encuentran intercalados, por ejemplo, con los de ruiseñores, tiburones, hormigas, pulpos y abejas.

Otro tratado sobre animales de importancia en la Edad Media fue el texto anónimo conocido como el *Physiologus* (*Fisiólogo*), que sería el modelo de un conjunto de tratados sobre animales o bestiarios a lo largo de este periodo. El texto griego, posiblemente escrito en Alejandría entre los siglos II y IV, fue uno de los libros sobre animales más populares del Medioevo y aparece en la mayoría de las lenguas: siríaco, latín, armenio, etíope, árabe y lenguas vernáculas europeas.

Los bestiarios que se producirían en los siguientes siglos tendrían como fuentes principales los textos ya mencionados: el de Eliano, el *Fisiólogo* y las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla, que comentaremos más adelante. Los bestiarios recogen en sus páginas un número no muy amplio de animales. La gran mayoría empieza sus páginas con el león —el rey de las bestias— y cada descripción se conforma casi siempre por una explicación etimológica del nombre del animal. Se habla después sobre las características físicas distintivas del mismo, así como sobre su conducta y los rasgos de su carácter. Por lo general, se finaliza con una moraleja o alegoría[12]. Conservando su carácter

IMAGEN V.2. *Basilisco, ilustración del* Bestiario de Aberdeen, *realizada en Inglaterra en el siglo XII*

FUENTE: "Aberdeen Bestiary Basilisk", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de marzo del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/hgrHoz.

[12] *Ibid.*, 440.

cristiano, los bestiarios suelen recordar muchos relatos sobre la fauna que provenían de la tradición grecorromana; claro que amparados en el dualismo introducido por el *Fisiólogo*: Dios enfrentando a Satanás en la naturaleza.

Algunos de estos textos serían "iluminados"; es decir, contarían con el privilegio de ser ilustrados por los artistas medievales, llegando incluso a contar con oro y plata entre sus líneas

No es equivocado decir que los bestiarios, además de permanecer en estos pomposos códices, formaron parte de la arquitectura medieval europea, en especial la de estilo románico. Leones, pelícanos, sierpes y otras criaturas se tomaron las iglesias e inmensas catedrales para representar en piedra las alegorías sagradas. Con esto, las imágenes del bestiario circulaban más allá de la muy reducida comunidad de los que sabían leer, y de manera amplia formaron parte de la cultura cristiana. Desde luego, los artesanos que las elaboraban conocían el simbolismo de las esculturas y los clérigos incluían en sus sermones alusiones a la naturaleza[13], que bien ejemplificadas podían estar en los pórticos y dosefes de sus iglesias.

Galeno (129-216)

Nacido en Pérgamo, uno de los centros culturales más importantes del mundo helénico, Galeno empezó estudios en matemáticas y filosofía para luego dedicarse de lleno a la medicina. Su obra recoge un sistema teórico y fisiológico completo, pero al mismo tiempo se ocupa de múltiples aspectos prácticos, farmacéuticos y curativos, que abarcan una amplia gama de problemas médicos. No es extraño, entonces, que se haya convertido en la autoridad médica durante toda la Edad Media y que haya seguido siendo tema de estudio hasta bien entrado el siglo XVIII.

Influenciado por la tradición médica culta, es clara la intención en Galeno de continuar la empresa hipocrática de dar a la medicina un fundamento filosófico. De Pérgamo, se desplazó algunos años a Alejandría, de donde pasó a Roma para ejercer como médico de las élites, incluyendo a los emperadores Marco Aurelio, Commodus y Septimus Severus. Produjo una enorme cantidad de escritos —veintidós volúmenes en la edición estándar del siglo XIX—, en los cuales se discuten las doctrinas médicas de la Antigüedad, entre ellas el *Corpus hipocrático*. Galeno se convertiría en la autoridad médica de finales del mundo antiguo y de toda la Edad Media, y fue para la historia de la medicina lo que Ptolomeo para la de la astronomía.

[13] Pedro Marín citado en Pedro Cátedra, *Los sermones atribuidos a Pedro Marín: Van añadidas algunas noticias sobre la predicación castellana de san Vicente Ferrer* (Salamanca: Universidad de Salamanca, 1990), 35.

La vida y obra de Galeno son una clara muestra del tránsito del mundo griego al romano y de cómo las tradiciones filosóficas griegas se hicieron presentes en Roma con cierto vigor. Lo anterior, gracias a una cultura que mantuvo interés en los aspectos más prácticos de la ciencia griega.

Para Galeno, parte del éxito de la práctica médica radicaba en el estudio de la función de los distintos órganos, razón por la cual reconoció la importancia de la anatomía y las disecciones. Aunque en Alejandría, en la época de los Ptolomeos, se desarrolló una importante tradición anatómica a partir de las disecciones humanas, en la época de Galeno estas prácticas ya no eran posibles por motivos religiosos, y las disecciones debían ser realizadas en animales. Galeno dedicó buena parte de su vida a hacer analogías entre el mono de Berbería y el cuerpo humano, analogías que lo condujeron a reconocer que las arterias no llevan aire sino sangre. Tomando distancia con algunas tradiciones griegas que ubicaban en el corazón el intelecto, Galeno propuso que el cerebro era el centro del sistema nervioso y sede de la inteligencia. Como consecuencia de trabajar con primates, terminó atribuyéndoles a los humanos estructuras propias de los monos.

Aunque su sistema anatómico es sencillo y construido a partir de la experiencia, el sistema fisiológico tiene raíces filosóficas mucho más complejas. Siguiendo las ideas de Platón y de Aristóteles, para Galeno las criaturas terrestres estaban divididas en tres tipos: aquellos que tienen un alma vegetativa, los cuales crecen y se reproducen; aquellos que tienen un alma sensitiva, que se caracterizan por tener movimiento propio; y, por último, los que tienen un alma racional, que poseen inteligencia. Para Galeno, el hombre poseía los tres tipos de alma, los animales las dos primeras y las plantas solo la vegetativa. A partir de esto, Galeno desarrolló la fisiología humana, proponiendo que estos tres niveles de actividad se localizan en órganos o sistemas de órganos específicos que se conectan entre sí. En el sistema digestivo se encuentra la cualidad vegetativa; en el respiratorio, la sensitiva, y en el nervioso, la inteligencia y la razón. Influido por el pensamiento estoico, Galeno propuso que los distintos sistemas estaban conectados por una fuente vital que es común a todos: el *pneuma*.

Estos tres sistemas fisiológicos no funcionaban de manera independiente, sino que, por el contrario, tenían interconexiones dentro de un proceso que iba desde la toma de alimentos hasta la distribución del *pneuma* por los nervios. Analicemos este proceso para entender la forma como concebía Galeno el funcionamiento del cuerpo humano. En primer lugar, según Galeno, los alimentos útiles viajan hasta el hígado, donde se transforman en sangre venosa oscura. Los desechos pasan al bazo donde se convierten en bilis negra. El hígado es entonces la base de la vida vegetativa, siendo este el lugar donde se infunde en la sangre el espíritu vital que controla la alimentación y el crecimiento del cuerpo. Del hígado, la sangre pasa a la cavidad derecha del corazón y de allí a los pulmones por la arteria pulmonar. La sangre roja

se distribuye por las arterias a todo el cuerpo, con lo cual quedan así dispuestas las capacidades animales del cuerpo humano. Por último, algunas de las arterias llevan la sangre al cerebro para activar las capacidades racionales de los hombres.

Galeno no creía en una explicación puramente mecánica y ve en la fisiología humana una prueba del diseño racional de la naturaleza, y en el cuerpo humano una prueba fehaciente de la perfección de la obra del Creador. Su concepción teleológica es más platónica, ya que en sus escritos se defiende la idea de un demiurgo y se insiste en la evidencia de un diseño inteligente en la anatomía humana. En *Acerca de la utilidad de las partes del cuerpo*, Galeno escribe:

> Y considero que realmente estoy mostrándole [al demiurgo] reverencia no cuando le ofrezco [sacrificios] de toros y quemando incienso [...] sino cuando aprendo primero a conocer su sabiduría, poder y bondad, y después las hago conocer a otros. Considero una prueba de su perfecta bondad el que quisiera ordenarlo todo en el mejor mundo posible, no escatimando beneficios a ninguna criatura, y por ello podemos alabarlo como bueno. Pero haber descubierto cómo todo estaría mejor ordenado es la cima de la sabiduría, y haber realizado su voluntad en todas las cosas es la prueba de su invencible poder[14].

En cierta medida su aceptación en los mundos cristianos y árabes tiene que ver con su concepción teleológica y su insistencia en la idea de diseño y en la necesidad de un creador racional, el cual le da un propósito específico a cada parte del cuerpo humano. Esta idea de *cosmos*, el orden de la naturaleza en su totalidad, y el supuesto de que dicho orden natural supone el concepto de diseño, será una de las ideas rectoras y centrales en toda la historia de la verdad en Occidente, estará presente en la teología cristiana e islámica y, al mismo tiempo, en la filosofía y la ciencia del mundo moderno.

[14] Citado en Lindberg, *Los inicios*, 176.

Segunda Parte

UN SOLO DIOS, UNA ÚNICA VERDAD

Una sola es sapientia perfecta.

Roger Bacon

Capítulo VI
Razón y fe

La Edad Media

La denominación de períodos históricos con los cuales se nos enseña la historia (Antigüedad, Edad Media, Modernidad o Ilustración) es tan útil como problemática. La expresión *Edad Media* se comenzó a usar en los siglos XIV y XV, entre los humanistas italianos que imaginaron un período intermedio entre la Antigüedad, que admiraron y estudiaron con fervor, y su propio tiempo. ¿Qué pasó con todo el interés por la metafísica, la astronomía, la física, las matemáticas, la medicina y las demás áreas del saber que desarrollaron los griegos y que los romanos parecían haber dejado de lado? Desde el principio del Renacimiento italiano, la Edad Media ha tenido una connotación negativa, que identifica un largo y complejo período de la historia occidental con una época estéril en el ámbito intelectual.

Más tarde, Francis Bacon expresaría con claridad esta idea sobre la Edad Media cuando en su *Novum organum*, escribe: "[...] ni los árabes ni los escolásticos merecen ser mencionados, pues en los tiempos intermedios [entre la Antigüedad y su tiempo] más que aumentar el peso de la ciencia la aplastaron con una multitud de tratados"[1]. La Ilustración francesa no sería más amable. Condorcet, por ejemplo, afirma que "el triunfo del cristianismo fue la señal para la completa decadencia de la filosofía y de las ciencias"[2]. Como veremos más adelante, este tipo de valoraciones poco contribuyen al análisis histórico.

Del pensamiento ilustrado del siglo XVIII nos ocuparemos al cierre de esta historia, pero por ahora es oportuno recordar que uno de sus legados más evidentes está en la oposición entre la filosofía y la religión. De los *philosophes* también heredamos la idea de que la hegemonía del cristianismo fue el mayor obstáculo para el progreso de la ciencia. Conceptos como la inmortalidad del alma —y por lo tanto una devaluación del cuerpo y del mundo material en general—, la creencia en milagros como explicación de fenómenos naturales, y la autoridad indiscutible de las Sagradas Escrituras, en las

[1] Citado en Lindberg, *Los inicios*, 446.
[2] *Ibid.*, 446.

cuales la verdad resulta de la revelación divina, son las principales consideraciones que se esgrimen al tratar de ver al cristianismo como un freno al desarrollo de la filosofía y de la ciencia.

Las nociones de conocimiento y religión nos parecen hoy antagónicas e irreconciliables: la religión, para la mayoría de los lectores modernos y fieles seguidores de la Ilustración europea, tiene que ver con creencias, actos de fe irreflexivos y sin fundamento; la ciencia, por su parte, con conocimiento fundado en la razón y en la experiencia.

A lo largo de este libro esperamos hacer evidente las limitaciones de esta concepción antagónica entre religión y filosofía, y veremos que la cultura científica moderna difícilmente abandonará sus motivaciones y sus fundamentos teológicos[3].

No olvidemos que la primera manifestación explícita de una ciencia sin Dios tendrá que esperar casi hasta el siglo XIX, con la física de Pierre-Simon Laplace (1749-1827). Sin duda, uno de los elementos definitorios de la Ilustración es su ataque a la autoridad eclesiástica, división que para el siglo XIX será mucho más evidente y radical. Dos ejemplos notables de esta posición antagónica son la obra de John Draper, *Historia de los conflictos entre la ciencia y la religión* (1875) y la de Andrew White, *History of the Warfare of Science with Theology* (1876). En ambos casos se presenta a Galileo como un punto de quiebre, como un mártir de la ciencia[4].

El positivismo del siglo XIX es en gran parte una celebración del triunfo de una ciencia neutral y objetiva sobre las creencias religiosas. En la obra de Auguste Comte, por ejemplo, se supone una fase histórica primitiva y religiosa que es superada en un progresivo tránsito a la secularización por fases posteriores: una metafísica y una positiva y final; esta última definida por su fundamento en la razón y la experiencia.

Como ya lo hemos sugerido, esta dicotomía entre conocimiento y creencia, o de manera más específica para el periodo que nos ocupará en los siguientes apartados, entre filosofía y teología, requiere ser estudiada con más detalle.

Sin desestimar la importancia del cristianismo en la historia de la ciencia, en lo que sigue proponemos una mirada distinta, y en lugar de suponer que después del auge de la filosofía griega el mundo intelectual parece haber caído en un periodo de esterilidad y oscurantismo de más de mil años, tal vez podemos entender la actividad intelectual de la Edad Media en sus propios términos, dentro de un contexto histórico distinto y con otro tipo de preguntas. Esta no es una tarea fácil, porque después de la Ilustración nuestras

[3] Véanse, por ejemplo, Stephen Gaukroger, *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity, 1210-1685* (Oxford: Oxford University Press, 2006) o John Brooke, *Science and Religion: Some Historical Perspectives* (Cambridge: Cambridge University Press, 1991).

[4] Peter Burke, *Historia social del conocimiento II: De la enciclopedia a la Wikipedia* (Barcelona: Paidós Orígenes, 2012), 293.

nociones de *conocimiento* y *progreso* se definen y legitiman en oposición a los intereses medievales. Esperamos que el presente recuento ayude a entender que la religión y la teología, más que un obstáculo, son parte fundamental de la historia de la verdad en Occidente.

El origen del cristianismo

Si bien resulta difícil pensar en un fenómeno histórico de mayor impacto en la historia de Occidente que el triunfo del cristianismo, para una tradición académica secular no es un fenómeno fácil de explicar.

El cristianismo nació de una pequeña comunidad judía en la periferia del poderoso y hostil Imperio romano. Su difusión se remonta al proselitismo de san Pablo en el siglo I, pero solo hasta el año 300 el cristianismo se convirtió en un movimiento notorio que se logró imponer después de una serie de batallas religiosas entre diferentes sectas, en su mayoría cercanas al platonismo. Para el siglo IV ya era una fuerza religiosa importante, tanto que se convirtió en la religión oficial del Imperio romano a finales del siglo.

El cristianismo se volvió, además, una fuerza filosófica y política única. Esto ocurre de la mano de la expansión del Imperio romano, lo cual condujo a que se fusionara con sus tradiciones filosóficas y con sus instituciones. Su legado es profundo, y no creemos que sea una exageración decir que Europa —o mejor, la civilización occidental— es lo que es como resultado de un pequeño grupo de judíos que vio morir a su maestro crucificado e hicieron de él la manifestación humana del Creador del universo. ¿Cómo fue esto posible? Parece una pregunta fundamental para entender la historia de Occidente, que se suele ignorar; tal vez por la torpeza de las ciencias sociales para pensar lo espiritual o tal vez porque la cultura cristiana está tan arraigada y nos es tan natural que no parece requerir de muchas explicaciones.

Para el creyente, el triunfo del cristianismo tiene un sentido providencial y no requiere de explicaciones históricas: es natural el triunfo de la verdad y el cumplimiento de una voluntad divina. Enfrentar la pregunta desde la historia y explicar cómo una pequeña comunidad judía creció y se transformó en una fuerza religiosa de impacto global no es una tarea sencilla; intentaremos en este capítulo dar señales acerca de cómo ocurrió y, sobre todo, mostrar su profundo impacto. A pesar de algunas razones históricas —como podrían ser la fusión del cristianismo con el Imperio romano, la necesidad y éxito de una defensa filosófica de la fe, la consolidación de una poderosa Iglesia, la defensa del cristianismo por parte de grandes emperadores como Carlomagno, su estrecha relación con la educación y más adelante con las universidades—, no es tan sencillo entender cómo se impone una doctrina compleja como la cristiana sobre diversas tradiciones y sectas religiosas o filosóficas a lo largo de la historia.

Para empezar, el cristianismo, como muchas otras grandes religiones, es una doctrina de salvación eterna que ofrece más de lo que puede brindar el más poderoso de los seres humanos. Pero, asimismo, para lograr esa salvación eterna, dispone de un detallado código de comportamiento que no depende de ninguna autoridad terrenal. Es difícil pensar en algo o alguien más poderoso que quienes proclaman ser los portavoces de la voluntad y la sabiduría de un único Dios creador del universo.

Todas las sectas que se extendían por el Imperio romano —entre las cuales podemos destacar la de Isis, Mithra, Sol Invictus, la de los gnósticos y los cristianos— tenían ciertos elementos comunes. En primer lugar, compartían una fuerte influencia del platonismo y la creencia de que el mundo material es corrupto y que finalmente dejará de existir. En segundo lugar, los seres humanos se consideran pecadores por naturaleza, por ello solo podrán alcanzar la inmortalidad dejando de lado el mundo material y cultivando el espiritual. Por último, la búsqueda de Dios por medio de las prácticas mágicas y la búsqueda de fuerzas ocultas eran compartidas por todas estas sectas y, por lo general, se asume que fueron bastante populares en los primeros siglos del Imperio[5].

Los fundamentos racionales del dogma fueron un desafío intelectual de gran envergadura. De manera que en lo que sigue vamos a abordar un capítulo clave de la historia de la verdad en Occidente, por su importancia para la Edad Media y para entender cómo se consolidó la autoridad de la Iglesia, lo cual no es menos relevante, porque en esta tradición filosófica y religiosa se consolidaron los pilares del pensamiento occidental e, incluso, las bases filosóficas del pensamiento moderno[6]. Esto significa que somos cristianos en un sentido muy profundo, no simplemente porque seamos o no devotos o creyentes, sino porque la cultura moderna en Occidente tiene sus raíces en la teología cristiana, la cual, a su vez, se fundamentó en el pensamiento de los griegos.

La explicación histórica del triunfo del cristianismo no es una tarea simple, pero sus consecuencias sobre el pensamiento occidental, incluso sobre la historia de la ciencia, es tan grande que debemos intentar comprender las complejas relaciones que existen entre ciencia o filosofía y religión. La relación de la filosofía "pagana", griega fundamentalmente, con el cristianismo —podríamos argumentar— se inicia por la necesidad de apología, de justificación de la fe y es, en ese sentido, que algunos cristianos tomaron posición frente a la filosofía para usarla como instrumento de legitimación de la verdad religiosa o para condenarla. Desde el siglo II, aparecen los llamados padres apologistas, que al inicio fueron defensores en el terreno jurídico para obtener de los emperadores romanos su reconocimiento y el derecho legal

[5] Grant, *Physical Science*, 2.

[6] Véase Gaukroger, *The Emergence*.

que demandaban los cristianos para ser parte de un imperio que, en aquel momento, era, en términos oficiales, pagano. Estas apologías, en pocas palabras, se tradujeron en justificaciones filosóficas de la fe.

Antes de intentar explicar el pensamiento de los grandes defensores del cristianismo, es justo recordar que, en las Sagradas Escrituras, los Evangelios tienen ya un contenido filosófico y una visible relación con tradiciones filosóficas que preceden a la Biblia. Incluso, la palabra de Dios parece no escapar de la influencia griega. Veamos entonces algunos de estos elementos.

Aunque familiar para la mayoría de los lectores de este libro, debemos realizar una modesta presentación de las doctrinas centrales de la religión cristiana, y así seguir el rastro de sus relaciones con la historia de la verdad.

Desde sus inicios, la religión cristiana buscó su fundamento en los Evangelios, cuyo origen, para los cristianos, es divino. Los Evangelios de Mateo, Lucas y Marcos narran el acontecimiento central de todo el cristianismo, ya anunciado por los profetas de Israel: ha nacido un hombre como ningún otro, se llama Jesús, es el Hijo de Dios y ha venido a mostrarles a los seres humanos el camino de la salvación. El que siga sus enseñanzas será bienvenido en el reino de Dios. El amor a Dios, a su Hijo, a todos los seres humanos y la renuncia al mundo material nos conceden a todos la vida eterna. A diferencia de las filosofías paganas, que se ocupan de la necesidad del devenir natural y humano, la religión es una filosofía de salvación y libertad humanas, cuya esencia es el ejemplo de Jesús.

La salvación requiere de una cosmogonía, de una metafísica particular. El Antiguo Testamento ofrece claves para comprender las bases del pensamiento cristiano. Hay un único Dios creador del universo, inicio y fin de todo lo que existe. Cuando Moisés le pregunta a Dios quién es, Dios le responde: "Yo soy el que soy"[7]. El que es, es un único Dios, todopoderoso, creador del cielo y la tierra, del hombre y la naturaleza; de Él depende todo en el mundo y todo lo que hay y ocurre, incluyendo la razón humana. El universo entero está sujeto a su voluntad. Solo Dios, un único Dios, es fuente de la verdad, una verdad única y absoluta. Esta es una notable característica de los monoteísmos (judaísmo, islam y cristianismo) que comparten la idea de un solo Dios, que es principio y fin del universo y, por ende, cuya sabiduría es la fuente única de verdad. De manera que podemos entender cómo las grandes religiones monoteístas tienen una estrecha relación con la Verdad, tal y como se entiende en Occidente.

Es justo en este sentido, de Dios como única fuente de la verdad, que en el Evangelio de san Juan se presentan nociones con resonancias filosóficas interesantes. Las nociones de *Verbo* o *logos* pueden desempeñar un papel crucial en la fundamentación filosófica de la fe. "En el principio era el Verbo, y el Verbo era con Dios, y el Verbo era Dios. Este era el principio con Dios.

[7] Éxodo, 3, 12-15.

Todas las cosas por él fueron hechas [...]"[8]. El *Verbo* se debe entender en relación con el término griego *logos*. *Logos* o *palabra* se refiere al agente por medio del cual Dios creó el mundo, *logos* puede interpretarse como un puente entre la divinidad trascendental y el mundo material. La *palabra* de Dios es entonces un instrumento para la ejecución de la voluntad divina. Jesús, como la revelación de Dios, para Juan es *logos*, la palabra de Dios viva, hecha carne; vino a revelar la Verdad a los hombres, a salvar a todos los que creen en Él.

Las tensiones de los Evangelios con la filosofía griega no son una invitación a abandonar el conocimiento. Los grandes pensadores cristianos intentaron en algunos casos mostrar los límites de la razón, nunca renunciar a ella. Subordinados a la fe y a la única fuente de verdad, los seres humanos tienen la capacidad de entender aquella Verdad, tanto divina como racional. El cometido de darle un fundamento racional a la fe es un arma de doble filo: si la razón puede dar fundamento a la fe, si la teología necesita de la filosofía, entonces también la razón puede refutar las afirmaciones teológicas. Esta convergencia de lo divino y lo racional es el gran reto de la teología de la cual nos ocuparemos más adelante y, como veremos, parte del sentido de la teología cristiana será mostrar los límites de la filosofía y hacer de ella una "sierva" de la teología. Así, la conversión y la expansión de la fe es una contienda intelectual con una larga historia de profundos debates a lo largo de toda la Edad Media y el Renacimiento. No es este el lugar para hacer una reconstrucción meticulosa de los debates filosóficos de la fe, nos limitaremos a examinar las palabras de algunos pensadores de obvia influencia sobre las nociones de verdad.

La conversión del emperador Constantino cerca del año 312 conllevó un cambio definitivo para Roma frente a los cristianos, y cerca del año 380, el emperador Teodosio declaró el cristianismo la religión oficial del Imperio. Sin duda, se trató de un hecho con consecuencias extraordinarias para la historia de Occidente. Esto, sin embargo, ocurrió en medio del debilitamiento militar y político de Roma. En el siglo IV, el Imperio dividió su administración en dos partes, sucedió en 395, cuando los dos hijos del emperador Teodosio se quedaron, cada uno, con una porción del Imperio romano: a la cabeza de la parte occidental, cuya capital siguió siendo Roma, estuvo Honorio. Arcadio, por su lado, fue responsable de la parte oriental, o Imperio bizantino, cuya capital fue Constantinopla, nombre que el emperador Constantino había dado a la antigua ciudad de Bizancio y que más tarde los turcos llamaron Estambul. Esta situación propició cierta distancia del mundo romano con las tradiciones orientales, y el interés por lo griego disminuyó entre los cristianos. El Imperio de Occidente cayó en el año 476 a manos de

[8] 1 Juan, 1, 14.

los "bárbaros", mientras que el de Oriente perduró hasta que fue invadido por los turcos en 1453.

Aunque el Imperio de Oriente experimentó los mismos infortunios que el de Occidente —invasiones, crisis económica y desorden social—, las consecuencias fueron menos severas y se dio una estabilidad política mayor. Los padres de la Iglesia griega, al igual que los padres occidentales, encontraron el estudio de la naturaleza como algo secundario frente a la comprensión de lo divino, convencidos de que todas las formas de conocimiento debían estar subordinadas a una ciencia superior, la teología.

Con todo, el interés por la filosofía no decayó por completo y se pueden mencionar los aportes de algunos pensadores como Temistio (ca. 317-387), Simplicio (ca. 490-560) y Filópono (ca. 490-570). Temistio enseñó filosofía en Constantinopla y escribió de manera prolífica sobre la obra de Aristóteles, ocupándose de la *Física*, *Acerca del cielo* y *Sobre el alma*. Simplicio también se ocupó de estas obras y Juan Filópono, guiado por el platonismo, hizo profundas críticas a Aristóteles señalando sus errores, por ejemplo, las fallas en su opinión sobre las nociones de un universo eterno o la dicotomía entre el mundo terrestre y el mundo celeste. Así mismo, quiso refutar las explicaciones aristotélicas sobre el movimiento de proyectiles. Estos tres autores fueron traducidos al árabe y al latín, y ejercieron una considerable influencia sobre posteriores comentarios acerca de Aristóteles.

Bizancio contribuyó de manera notable con el proceso de difusión cultural, mediante el cual el saber griego fue transmitido a otras regiones de Oriente y al norte de África, donde fue asimilado por culturas no griegas. La tradicional historiografía eurocéntrica parece ignorar la riqueza y complejidad de los intercambios entre los mundos bizantinos e islámicos, los cuales son cada vez más evidentes y de clara relevancia para entender la herencia de prácticas y conocimientos árabes en el Renacimiento europeo. Como analizaremos más adelante, una mejor comprensión de las relaciones científicas de la Europa cristiana con el islam nos permite repensar la clásica idea del Renacimiento como una creación exclusivamente italiana o europea y cristiana.

A pesar del innegable poder del cristianismo, queremos señalar con insistencia el serio error de suponer que este trae consigo una actitud antiintelectual, según la cual el privilegio de la fe sobre la razón conduce al abandono de la filosofía. En primer lugar, no olvidemos que la Biblia es un texto cuya lectura y difusión requiere de una comunidad letrada. Pero además, debemos tener presente que en la defensa del cristianismo como una doctrina estructurada se hicieron necesarios argumentos filosóficos que pudieran competir con otras tradiciones paganas y religiosas. La misma filosofía griega, que en ocasiones sirvió de herramienta de apología de la fe cristiana, presentaba "errores" y, al ser fuente frecuente de herejía, llevó a que entre los miembros de la Iglesia se creara una tradición intelectual propia, de enorme

influencia en la historia de la filosofía y de la ciencia. El poder y la autoridad de la Iglesia fueron contundentes y, en parte, esto fue el resultado de un arduo trabajo intelectual que está muy lejos de implicar el abandono de la filosofía.

No es posible entender forma alguna de conocimiento ajena al contexto social y político en que se produce, y las estrechas relaciones entre conocimiento y poder; entre autoridad y verdad, no son exclusivas de la Edad Media. Sin embargo, es innegable que el triunfo del cristianismo propició una relación particular entre la verdad religiosa y la filosofía. Para el año 500, la Iglesia ya había reclutado las mentes más talentosas y eruditas. El honor, la gloria y la reputación de los hombres de letras, más que de los logros o fortunas individuales, dependían de la forma como se contribuía a los intereses de la Iglesia. La hostilidad a todo lo pagano y, por lo tanto, a gran parte de la filosofía griega, fue una nueva realidad que definió el rumbo de la historia de la verdad por siglos[9].

Es cierto, para el mundo cristiano medieval el problema de la verdad fue teológico, y la teología requirió de una posición radical frente al problema del conocimiento, tanto de Dios como del universo y de todas sus criaturas. Sin embargo, la posición de la teología como un conocimiento superior, al cual deben estar subordinados otros campos del conocimiento, como la filosofía natural, no la podemos reducir a un simple acto de autoridad.

A lo largo de la Edad Media encontramos un esfuerzo sostenido por darle una explicación racional a la doctrina cristiana, y los grandes pensadores cristianos hicieron de la filosofía clásica griega, en especial del pensamiento de Platón y Aristóteles, una herramienta para defender la Verdad del dogma religioso.

Platón al servicio de Cristo: Agustín de Hipona

La influencia de la obra de Agustín (354-430), como uno de los padres de la filosofía cristiana, fue descomunal, sobre la Edad Media y la teología cristiana, al igual que sobre la historia de la filosofía hasta nuestros días. Ninguna historia de la verdad en Occidente podría omitir su nombre. En el siglo IV, el cristianismo era una comunidad minoritaria y Agustín no hubiera podido imaginar que por siglos su doctrina, llena de tensiones sin resolver, adquiriría el estatus de verdad universal en buena parte del planeta.

En cierta medida, el encanto de la obra de Agustín tiene que ver con elementos biográficos que él mismo se encargó de recrear. De primera mano, Agustín nos cuenta la historia de un ser humano, muy humano, seducido por los placeres terrenales y la filosofía pagana, un alma perdida que, a pesar

[9] Grant, *Physical Science*, 4.

de las enseñanzas de su piadosa madre, repudia la religión, lo cual lo hace profundamente infeliz. No obstante, nos presenta también una mente inquieta y apasionada que se embarca en la incansable búsqueda de la verdad. Un camino difícil y lleno de obstáculos, pero que fruto de la tenacidad y amor por la verdad tiene un desenlace feliz en la trascendental revelación de la fe.

Parte del poder que tiene su obra *Confesiones* es que presenta una vivencia personal, un camino tortuoso y sincero de la oscuridad a la luz, del error a la verdad. Los grandes enemigos de la fe, las tentaciones mundanas y la filosofía pagana fueron peligros que Agustín conoció bien, que vivió en carne propia y, por lo mismo, su historia de salvación no solo es conmovedora sino que es el genuino testimonio de alguien que, justamente por haber vivido en pecado, tiene la autoridad para mostrarnos las virtudes de la fe como único camino a la felicidad y a la salvación. Esta no es la historia de una mente dócil, fiel al dogma, es la historia de un luchador que nos muestra la difícil aunque gratificante lucha por la verdad.

Un elemento central de la filosofía agustina que debemos tener presente para los objetivos de este libro es la relación entre la fe y la razón. Como hemos repetido, la oposición entre estas dos categorías ha sido clave para la definición convencional de ciencia moderna como un triunfo de la razón sobre la fe. Muy distinta fue la opinión de Agustín y muchos de quienes lo siguieron, para quienes, más que antagónicas, la razón y la fe eran complementarias y necesarias en la búsqueda de la verdad. Precisamente en su conjunción se pudo eliminar el mayor obstáculo dentro de la teología de Agustín: el escepticismo.

> Muchas veces me pareció que nunca podemos encontrar la verdad, pero otras veces haciendo uso de mis mejores capacidades reflexioné sobre la fuerza de la mente humana, lo sabia y profunda que puede ser, no pude entonces creer que la verdad deba permanecer fuera de nuestro alcance. Posiblemente la manera de buscar la verdad puede ser difícil de encontrar y tengamos que recibirla de alguna autoridad divina[10].

A partir de estas reflexiones, Agustín recurrió a Isaías, 7-9: "Si no crees, no entenderás". En la búsqueda de la verdad, la fe precede a la razón pero no la sustituye, es la fe la que prepara a la razón para entender. Agustín tuvo que reconocer los límites de las capacidades humanas, reconocimiento que

[10] "Often it seemed to me that truth could not be found but often again, as I reflected to the best of my ability how lively was the human mind, how wise, how penetrating, I could not believe that the truth must lie undetected. Possibly the manner of seeking truth might be hidden and would have to be accepted from some divine authority". Citado en Jonh Rist, "Faith and Reason", en Eleonore Stump y Norman Kretzmann, *The Cambridge Companion to Agustine* (Cambridge: Cambridge University Press, 2006), 28. Traducción propia.

era una conclusión de la razón. A diferencia de Platón, Agustín consideró que la razón sola no es suficiente para conocer a Dios, para conocer la verdad; pero al mismo tiempo nos enseña que la razón conduce a comprender la creencia y la fe como una única salida. Esta voluntad de saber está relacionada con el amor, con tener fe en Dios y, en este sentido, la posibilidad misma de creer depende del amor de Dios. La religión se fundamenta en esta relación entre fe y amor a la verdad, que en últimas es el mismo amor de Dios y el amor a Dios.

Si bien la razón debe reconocer sus propios límites, esto no debe conducir a la desesperación por no poder encontrar la verdad. El escepticismo debe ser superado, de ahí la importancia de la fe y de la iluminación en la búsqueda de la verdad. El escepticismo, de acuerdo con Agustín, parte de una contradicción lógica: si la afirmación "La verdad no es posible de alcanzar" es cierta, entonces el principio es falso.

"En relación con estas verdades no temo a los argumentos de los académicos. Ellos dicen, ¿qué pasa si estás en el error? Si yo me equivoco, yo soy. El que no existe no se puede equivocar, entonces, si me equivoco existo. De esta manera, ¿cómo puedo equivocarme sobre mi existencia si es cierto que me equivoco?"[1]. Resulta inevitable ver la similitud de esta refutación del escepticismo con la que más adelante formó parte central de la filosofía de René Descartes y su sentencia "Cogito ergo sum", que veremos en su momento. Superar el escepticismo es solo el primer paso en la defensa filosófica del dogma y de la teología como fuente de verdad.

El escrito de Platón de mayor difusión en el mundo cristiano fue el *Timeo*, y por mucho tiempo fue una fuente inagotable de conocimiento sobre el origen y orden del universo. Si bien la filosofía de Platón coincide en aspectos fundamentales con la concepción cristiana monoteísta de un mundo creado por un Dios perfecto, una tarea obvia y fundamental de la teología tuvo que ver con reconciliar la cosmología platónica con las Sagradas Escrituras.

El platonismo es, sin duda, la base del pensamiento de san Agustín y, en parte por este papel crucial que tiene para los padres de la Iglesia, estará presente en las nociones de verdad en Occidente por largo tiempo. La esencia del platonismo, una realidad eterna e inmutable, es central en la filosofía cristiana. Conocer es acceder por medio de la razón a una realidad que no cambia, cuya característica fundamental es su necesidad; es decir, que no puede ser de otra manera. Su carácter necesario la hace, a su vez, eterna e inmutable, lo que cambia no es real. Cambiar es dejar de ser, de manera que la verdad

[1] "In respect of these truths I fear no arguments from the Academics. They say 'what if you are mistaken?' If I am mistaken, I am. Whoever does not exist cannot be mistaken, and thus I exist, if I am mistaken. Because, therefore, I exist if I am mistaken, how am I mistaken about my existence, when it is certain that I am mistaken?". Citado en Gareth Matthews, "Knowledge and Illumination", en Stump y Kretzmann, *The Cambridge Companion to Agustine*, 172. Traducción propia.

última se refiere a lo que es eterno, inmutable y necesario. Estos son los atributos de Dios. Por esta justificación la verdad está en la razón, pero hay algo que trasciende la razón humana y ese algo es precisamente Dios.

Por otro lado, en Platón, el hombre tiene su esencia en un alma inmortal, una idea central para los cristianos, para quienes, como consecuencia del pecado original, el primer objeto de la vida moral es la liberación del cuerpo y de lo material. La caída del hombre natural lo separa de la verdad y del bien, y requiere de la gracia divina para que en la libertad humana, la voluntad del mal se transforme en voluntad del bien.

Aunque platónico en sus tesis centrales, Agustín tuvo que superar las inconsistencias del platonismo frente a la doctrina cristiana. En primer lugar, a pesar de estas similitudes fundamentales, hay un punto de clara diferencia con la filosofía de Platón, por lo cual el racionalismo platónico se convierte en un arma de doble filo: es el camino a la fe, pero la creencia es algo que no se subordina, no puede depender de la mera razón.

La idea de un mundo de ideas eternas e inmutables, que precede al mundo material, podría conducir a suponer que la creación habría tenido lugar según un modelo racional anterior a Dios. Este inconveniente debe ser resuelto equiparando el mundo de las ideas a ideas divinas. El mundo de las ideas de Platón debe ser entendido como ideas de Dios. Dios contiene en sí los modelos arquetípicos de todos los seres posibles, su forma, sus leyes, sus números. En la versión cristiana de Platón, las ideas ejemplares no pueden existir en sí mismas, pero sí existen en el Verbo, de tal manera que la existencia de Dios precede a la de sus ideas. No hay un mundo de las ideas donde el alma pueda contemplar la verdad, sino que la verdad habita en el interior de los seres humanos y las enseñanzas de Cristo nos muestran el camino. Dios es absolutamente necesario y la creación es un acto de la palabra de Dios, que expresa su voluntad en su Verbo. Retomando el Evangelio de san Juan, Dios es Verbo, para crear el mundo no ha tenido más que decirlo. En otras palabras, Dios precede a la razón.

Para llegar a la verdad Agustín construyó una epistemología fundada sobre el pensamiento de Platón. Los sentidos y la experiencia de lo material nos engañan, y lo que es verdadero, por su parte, es eterno. Pero, además, esta epistemología debe acomodarse al dogma, para ello se hace necesario entender que el Hijo de Dios es Verbo (*logos*) y sabiduría (*sophia*), que conoce todas las cosas como son, porque conoce como Dios conoce y su sabiduría es absoluta porque todo ha sido hecho por Él. Así, la verdad eterna coincide con Dios. De forma similar a la idea de reminiscencia en la filosofía de Platón, los seres humanos acceden a Dios a partir de la verdad que habita en su interior, a partir de la creación, como un vestigio de Dios. De esta manera, Agustín insistió en la unión entre la filosofía y la fe: "Credo ut intelligam y intelligere ad credere" (creo para entender y entiendo para creer): la fe es una condición necesaria para el conocimiento y, al mismo tiempo, la fe supone conocimiento.

La filosofía de Agustín tiene un origen estético. La pasión y el amor lo impulsan a la belleza y la belleza a la verdad. La verdad se convierte en el fin de la vida misma, no se puede ser feliz si no se alcanza. El hombre busca por naturaleza la belleza, lo cual lo conduce a la verdad, esto es, a Dios, única posibilidad de realización humana. La felicidad se identifica con la verdad y el bien. Así definió Agustín la filosofía: "Filósofo, según lo indica el nombre, quiere decir amante de la sabiduría. Ahora bien, si la sabiduría es Dios, por quien todo ha sido hecho, como nos lo dice la autoridad y verdad divinas, el verdadero filósofo es el que ama a Dios"[12]. En su libro titulado *El maestro*, concluye que "el único maestro que enseña la ciencia al hombre no es otro más que Dios, siguiendo aquella sentencia del Evangelio: Solo tenéis un maestro, Cristo"[13].

La verdad, tengamos presente, es "lo que es", y de sus reflexiones filosóficas y su fe, Agustín pasa a un nivel ontológico. Preguntarse por el ser es preguntarse por el mundo, por los seres humanos y, a fin de cuentas, por Dios. El ser perfecto es la suma verdad y la suma belleza. Hay un orden regido por el amor, ya que la voluntad divina no es una imposición sino la consecuencia del amor. La unión entre verdad y belleza nos conduce a una indisoluble relación entre la epistemología y la ética: conocer la verdad es descubrir el bien; buscar la verdad es buscar la plenitud, la vida feliz.

La creación, según san Agustín, tiene como punto de partida los relatos bíblicos, el Génesis, y los interpreta a partir de elementos de la filosofía platónica. La causa eficiente de la creación, su autor, es la palabra divina "por la cual fueron hechas todas las cosas"[14]. La causa formal es la participación en Dios, las cosas son en la medida en que participan del ser divino; la causa ejemplar es el Verbo, arquetipo de todo que conoce la verdad. La causa material es una especie de materia prima, una "tierra informe".

La posición de Agustín frente a la importancia del conocimiento del mundo físico fue ambigua. En algunos textos parece argumentar que el conocimiento del mundo creado es útil para enaltecer la obra del Creador. Así, el conocimiento de la naturaleza no es irrelevante, pero tampoco necesario o fundamental. De hecho, en otra parte nos advierte sobre los peligros de la curiosidad humana. Para el buen cristiano no es necesario conocer de qué se compone y cómo opera el mundo, para él es suficiente saber que la causa de todas las cosas creadas, en la tierra como en el cielo, visibles e invisibles, no es otra cosa que la bondad del Creador.

Como una reacción directa al saqueo visigodo de Roma en el año 410, y en medio de un debate sobre si el cristianismo había sido la causa de la decadencia

[12] *De civitate Dei*, VIII, 1, citado en Salvador Antuñano, *San Agustín: Obras selectas* (Madrid: Gredos, 2012), XXVI.

[13] Mateo, 23, 10.

[14] 1 Juan, 3.

romana, Agustín escribió su obra *La ciudad de Dios*. Allí usó la ciudad como metáfora para mostrar la separación entre el mundo terrenal, en el cual los hombres adoran dioses paganos y buscan la gloria en la tierra, y la *ciudad* eterna de Dios, una comunidad espiritual más que un emplazamiento físico.

Frente al determinismo pagano, Agustín defendió la libertad humana, una libertad real, pero no absoluta. Es la libertad propia de un ser racional. De hecho, se trata de su libertad para no pecar, y como sabemos, los seres humanos de forma libre abandonaron ese estado: pecaron. En lo humano hay un destino, con un fin único, que es Dios. Esta idea, en apariencia simple, nos permite entender mejor la concepción judeocristiana de la historia y del tiempo lineal y ascendente. La historia tiene un único sentido, un único propósito. Esta es una concepción profunda arraigada en la cultura occidental. Aunque no necesariamente con la misma connotación religiosa, esta concepción tomaría forma en las ideas de evolución o progreso, fundamentales en el mundo moderno.

San Agustín, para algunos, es uno de los autores más importantes en la historia del pensamiento y su lectura es imprescindible en cualquier intento por comprender la cultura occidental y su desarrollo. Fue un prolífico autor con una extensa obra citada de manera reiterada en la filosofía, desde la Edad Media hasta la época contemporánea. Su pensamiento influyó de manera directa en el de muchos otros autores importantes como Tomás de Aquino, Lutero, Descartes, Hegel, Comte, Kierkegaard, Wittgenstein, entre otros.

Agustín de Hipona (Tagaste, Argelia, 354-430)

Agustín nació en el año 354 en el norte de África, hoy Argelia. En Italia conoció los círculos neoplatónicos, en particular, se familiarizó con la obra de Plotino. Es sin duda una de las figuras más importantes dentro del cristianismo occidental por sus reflexiones sobre la razón, la fe y la verdad. Aunque escribió más de cien obras, las más emblemáticas son *Confesiones* y *La ciudad de Dios*. La primera, aunque la escribió cuando tenía cerca de cuarenta años, tiene un carácter autobiográfico, pues expone su conversión del paganismo al cristianismo durante su juventud. Además, expresa pensamientos y reflexiones sobre el alma, el pecado y la salvación. Por su parte, en *La ciudad de Dios*, escrita durante su vejez, san Agustín plantea una confrontación entre la ciudad cristiana (celestial) y la ciudad pagana. Estas reflexiones fueron inspiradas en la invasión que sufrió la Roma cristiana a manos de los visigodos en el año 410. Agustín de Hipona murió a una edad avanzada en la provincia romana de Hippo Regius (Argelia) durante una invasión liderada por Genserico.

Agustín es una figura prominente, pero en la defensa filosófica de la fe no estuvo solo. Otra figura casi contemporánea de Agustín que no podemos pasar por alto es san Jerónimo (ca. 342-420), quien tradujo la Biblia del griego y del hebreo al latín. Su traducción al latín es conocida como *La Vulgata* (para el pueblo), el cual fue el texto oficial de la Iglesia católica por siglos. La verdad para el mundo cristiano, recordemos, tiene dos fuentes, una primera y fundamental, la palabra de Dios, y la otra, la de los teólogos y padres de la Iglesia. Mientras Agustín y quienes lo siguieron quisieron ofrecer bases teológicas a la fe, Jerónimo sentó las bases bíblicas del dogma.

Tanto Agustín como Jerónimo fueron hombres de letras, voceros de una autoridad religiosa fundada en un conocimiento superior. La iconografía de los padres de la Iglesia nos revela a hombres sabios que comprenden tanto la

IMAGEN VI.1. San Jerónimo en su estudio, *Jan van Eyck, 1442, Instituto de Artes de Detroit*

Van Eyck nos presenta un san Jerónimo rodeado de utensilios alusivos a la lectura, la escritura y las ciencias naturales, de manera que los padres de la Iglesia y la teología se asocian con la sabiduría humana.

FUENTE: "Jan van Eyck, St Jerome, wga07621", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de agosto del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/Fyts8b.

palabra de Dios como su obra. Es el caso del cuadro de Jan van Eyck, el cual merece una breve mención, ya que representa a san Jerónimo, como "padre de la Iglesia", vestido de cardenal, rodeado de objetos relacionados con el trabajo intelectual. Sobre la mesa tiene utensilios de escritura, se reconoce un reloj de arena y diversos instrumentos. En la repisa del fondo se aprecian libros que remiten a la erudición de Jerónimo como traductor de la Biblia, un astrolabio y artefactos propios de un hombre sabio de su tiempo. Es interesante esta idea del hombre de letras como estudioso y traductor de las Sagradas Escrituras.

La defensa de una verdad teológica, lejos de terminar con los padres apologistas o con Agustín, tiene una larga historia que está por fuera del alcance de este libro[15]. Agustín representa un difícil cometido filosófico al que se sumarían otros grandes pensadores cristianos: hacer de la teología una ciencia superior a la cual todas las demás ciencias deben subordinarse.

La palabra y la obra de Dios: las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla

La obra de los autores cristianos tuvo un fundamento teológico y el fin último no dejó de ser el conocimiento de Dios; pero esto no quiere decir que no existiera una tradición cristiana antigua que se ocupara del mundo natural, de la obra del Creador. Los monasterios fueron centros de acopio en los cuales se hizo posible la recopilación, conservación y traducción de tratados sobre temas muy diversos. Esta concentración de saberes también facilitó la producción de conocimiento, de grandes tratados y ambiciosas enciclopedias sobre todo lo conocido. Algunas de ellas tuvieron un notable impacto sobre la historia de las ciencias naturales, es el caso de Isidoro de Sevilla (556-636). Sus *Orígenes o Etimologías*, del año 630, es una descomunal obra enciclopédica de veinte libros que, al igual que la *Historia natural* de Plinio, fue un intento por abarcar todas las áreas del conocimiento, pero con la gran diferencia de que su núcleo gira en torno al lenguaje. La obra *Etimologías* reúne entonces la explicación de vocablos comunes e infrecuentes. Basada en análisis lingüísticos, sirve a manera de diccionario para una mejor comprensión del pensamiento de los antiguos. Un gran diccionario en el cual casi cualquier consulta debería poder ser resuelta. Como su título lo explica, todo su contenido opera desde un principio fundamental: la naturaleza y la esencia misma de las cosas se reconocen en la etimología de los nombres.

No es entonces una sorpresa que el primero de los veinte libros sea sobre gramática; el segundo sobre retórica y dialéctica, y que el tercero incluya aritmética, geometría, astronomía y música. Estos tres primeros libros recogen las siete artes liberales. Le siguen un conjunto de libros que buscan cubrir

[15] Para una historia general de la filosofía medieval véase Étienne Gilson, *La filosofía en la Edad Media: Desde los orígenes patrísticos hasta el fin del siglo XIV*, 2.ª ed. (Madrid: Gredos, 1976).

todos los temas del conocimiento humano: medicina, historia, cosmografía, animales, plantas, minerales, geografía y, como es lógico, teología. El carácter enciclopédico y la amplitud de temas de los que se ocupó Isidoro de Sevilla, aseguraron que su obra se convirtiera en una referencia obligada de la ciencia medieval. Muestra de ello es que hoy se conocen más de un millar de copias manuscritas, lo cual lo hace uno de los autores de mayor difusión en la Edad Media.

Isidoro de Sevilla (Cartagena, España, 556-636)

Isidoro, obispo y uno de los más grandes eruditos de su época, fue importante en la transición de la edad antigua a la Edad Media. Su padre perteneció a una prestante familia hispanorromana. Entre los años 599-636 ejerció como obispo, sucediendo a su hermano después de su muerte. Entre sus obras más conocidas se destaca *Etimologías*, la cual terminó pocos años antes de su muerte. Se trata de un gran diccionario en el cual quiso recopilar la evolución de conocimiento desde la Antigüedad hasta el siglo VII, concentrándose sobre todo en la teología. Dicha obra fue de gran importancia en las instituciones educativas de la época medieval. Isidoro murió en el año 636 y fue canonizado por el papa Inocencio XIII casi un siglo después.

Si bien se cita a Aristóteles en muchos apartes, la clasificación "zoológica" de Isidoro es más cercana al sistema descriptivo empleado por Plinio. También las historias sobre los animales que presenta el obispo sevillano tienen un estilo similar al del *Fisiólogo*, sin extraer moralizaciones ni usar alegorías[16], y junto a los herbolarios y bestiarios, Isidoro es un claro ejemplo de que el mundo cristiano medieval no abandonó el estudio de la naturaleza, de la obra del Creador.

También asociados a la figura de Isidoro, encontramos un tipo de representación cartográfica que merece ser mencionado. El lector moderno suele asociar la idea de mapa a representaciones espaciales bajo coordenadas geométricas similares a las establecidas por Claudio Ptolomeo, pero la cartografía tiene una larga historia que no se limita a esta clase de mapas que nos son más familiares hoy. Sin necesidad de examinar formas de representación

[16] Hernando Cabarcas, *Bestiario del Nuevo Reino de Granada: La imaginación animalística medieval y la descripción literaria de la naturaleza americana* (Bogotá: Instituto Caro y Cuervo, 1994), 31.

espacial en otras culturas, en Occidente encontramos mapas que tienen funciones simbólicas, metafóricas y estéticas, que hoy nos parecen extrañas a la idea de mapa geométrico. El mapa O-T (*Orbis Terrarum*) representa tres continentes (Asia, África y Europa), divididos por una "T" dentro de un círculo. La "T" representa grandes ríos o masas de agua que separan los continentes. El río Don (rotulado como Tanais) divide Europa y Asia, el Nilo separa a Asia de África, y el Mediterráneo a Europa de África. Esta composición del mundo tripartita tiene también un sentido religioso referido a la Santísima Trinidad, y la "T" representa la cruz.

Los monasterios

Antes de presentar los argumentos de los grandes teólogos a favor del cristianismo es importante describir las estructuras sociales e instituciones en las cuales se desarrolló una filosofía cristiana. Los monasterios, la Iglesia y más

Imagen VI.2. Mapa orbis terrarum, *Günther Zainer, ilustración de* Etimologías de Isidoro de Sevilla, *1472*

Ampliamente difundidos, los mapas O-T representan la Tierra y sus tres grandes partes, separadas por una cruz en forma de "T".

Fuente: "Etimologías - Mapa del mundo conocido", *Wikimedia Commons*, última modificación 19 de abril del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/Y7568x.

adelante las universidades fueron espacios que hicieron posible la expansión de las doctrinas y del poder de la ideología cristiana.

Con el auspicio de Roma, la Iglesia católica se convirtió en una institución poderosa y compleja que, para el siglo V, se había extendido a casi la totalidad del Imperio romano, desde la península ibérica hasta Siria y las costas del norte de África. Más adelante se realizaron misiones al norte de Europa que llegaron hasta Britania, Germania, Escandinavia, Europa central y del este. El gobierno de esta vigorosa empresa requirió de una administración robusta y un manejo financiero complejo, lo cual supone el entrenamiento de una burocracia con conocimientos no solo en teología sino en materia legal, administrativa y financiera. Esta expansión, que se prolongó desde el siglo V al XI, en parte fue posible gracias a los monasterios, donde se formó un clero con la capacidad de difundir el dogma y mantener bajo control una creciente comunidad de fieles. Los monasterios cristianos, que se extendieron rápidamente en Occidente a partir del siglo IV, fomentaron una vida de aislamiento y concentración que facilitó la lectura, la transmisión y la traducción de textos, así como el desarrollo de una comunidad de religiosos letrados.

En el siglo VI, san Benito (ca. 480-547) estableció un monasterio en Montecassino, al sur de Roma, e instauró reglas y normas que definían la vida que debían llevar los monjes. Las normas, que serían adoptadas de manera general por la mayoría de los monasterios a lo largo de la Edad Media, incluían rutinas diarias de contemplación, trabajos manuales y oración. Esta última, además de la lectura de la Biblia y otros textos religiosos, hizo necesario que los monjes supieran leer. Asimismo, en los monasterios se construyeron bibliotecas y los llamados *scriptoria*, salas donde los libros necesitados por la comunidad monástica eran reproducidos por copistas.

En estos espacios no solo se hacían transcripciones y copias sino también traducciones. Tal fue el caso de Casiodoro (ca. 480-575), quien en el monasterio de Vivarium creó un *escritorio* con el propósito de traducir al latín obras griegas. La educación del clero, que por lo general se impartía únicamente dentro de los monasterios, se enfocó en servir a los intereses religiosos. Y, aunque la atención que se le prestaba a la literatura pagana relacionada con la historia natural, la medicina, la astronomía y la filosofía era limitada, de igual modo se hizo presente como una de las preocupaciones de algunos monasterios. La cultura religiosa de la temprana Edad Media permitió la preservación y transmisión de la filosofía antigua: de no haber sido por la existencia de estos monasterios, gran parte del conocimiento antiguo no habría sobrevivido.

La copia y la traducción nunca han sido labores puramente pasivas, suponen un interés, una comprensión, una interpretación, y no podemos limitar el papel del religioso al de un simple vehículo de transmisión del conocimiento. Como hemos indicado, el cristianismo estimuló un desarrollo

filosófico sofisticado, ligado de modo muy estrecho con la traducción, la preservación y el uso de la filosofía griega.

Las traducciones del griego al latín se remontan a los primeros contactos de Roma con los griegos en el siglo I a. C., y se conocen casos de tempranos estudiosos de la filosofía griega como Marco Tulio Cicerón, a quien más adelante lo seguirían destacados traductores como Boecio (480-524), quien se propuso hacer accesible las obras de Platón y Aristóteles en latín.

Uno de los ejemplos más característicos de la tradición de traductores en el seno de la Iglesia cristiana fue Gerbert de Aurillac (ca. 946-1003), quien llegó a ser conocido como el papa Silvestre II. Por medio de contratos eclesiásticos y eficientes relaciones diplomáticas, Silvestre II logró adquirir tratados árabes sobre matemáticas y sobre el uso del astrolabio, que hizo traducir al latín. Así mismo, para mediados del siglo X, varios monjes se desplazaron hacia España —región que entonces formaba parte del imperio árabe— para hacer traducciones del árabe al latín de tratados de geometría y astronomía.

El más importante de estos traductores del árabe al latín fue Gerardo de Cremona (1114-1187), quien viajó de Italia a España en busca del *Almagesto* de Ptolomeo. En Toledo no solo encontró el *Almagesto*, sino una vida intelectual activa, por lo cual decidió quedarse para aprender árabe. Su labor de traductor del árabe al latín es impresionante: tradujo más de setenta tratados. Entre los más importantes se destacan varios de los escritos sobre cosmología y física de Aristóteles (*Física*, *Sobre el cielo*, *Sobre generación y corrupción*, *Meteorología*, *Lógica* y *Analíticos posteriores*), *Los elementos* de Euclides y la obra matemática de Al-Khuarizmi; numerosos tratados de medicina, incluyendo los de Galeno y Avicena, y muchos otros textos de astronomía, astrología y alquimia[17].

De igual manera, se dio continuidad a la traducción desde el griego, que tiene una larga historia en Occidente y de la cual formó parte, en el siglo XII, el sur de Italia, con una comunidad bilingüe cercana al mundo bizantino, que fue el centro de un renovado interés por la traducción del griego. Allí, Jacobo de Venecia fue uno de los más notables traductores de textos de Aristóteles al latín.

En los siglos XI y XII la creciente labor de traducción de tratados antiguos que los árabes habían trabajado y conservado durante siglos, hizo que la relación entre filosofía y teología fuera cada vez más estrecha y compleja. Para finales del siglo XII, se puede decir que el mundo cristiano contaba con versiones latinas de buena parte del saber griego y árabe, de la obra de Aristóteles, Euclides, Ptolomeo, de los escritos matemáticos de Al-Khuarizmi (Abu Abdallah Muhammad Ibn Musa al-Juarismi) y de la *Óptica* de Alhacén (Ibn al-Haytham), por mencionar los más destacados. Se trata de un conjunto de

[17] Grant, *Physical Science*, 13-19.

autores que conformaron el núcleo de las universidades europeas e incuestionable de la educación en Occidente.

Los traductores empezaron a hacer que Europa occidental se interesara no solo por temas teológicos, sino por diversos temas científicos, y sin su labor no habría sido posible el desarrollo de la ciencia medieval ni tampoco habría tenido lugar la llamada revolución científica del Renacimiento. El proceso de difusión del conocimiento, comparado con los modernos medios de comunicación como la imprenta, era necesariamente lento; pero la circulación de manuscritos desempeñó un papel definitivo en la historia del conocimiento. De ahí la importancia de los copistas y traductores. Estos nuevos materiales que llegaban a Europa nutrieron y le dieron contenido a los nacientes programas curriculares de la escuelas de los monasterios y, más adelante, a los de la universidad medieval.

Los monasterios no deben ser vistos como lugares cerrados al mundo, detenidos en el tiempo y dedicados a la oración o al ocio; muchos de ellos fueron lugares muy activos donde se desarrollaron oficios y conocimientos de diversa índole. Por un lado, su propia subsistencia suponía la realización de múltiples oficios domésticos y mundanos, como la agricultura, la ganadería, la cocina y la elaboración de alimentos (como pan, queso y vino). Las artes fueron también cultivadas dentro de los monasterios. La música, por ejemplo, formó parte de la vida monacal. Un ejemplo interesante es el de la medicina. Algunos de estos monasterios asumieron responsabilidades sobre el cuidado de enfermos, lo cual permitió un interesante desarrollo de prácticas médicas y el estudio de tratados sobre medicina. Casiodoro fue uno de los que incentivó entre los monjes de su monasterio el estudio de tratados sobre medicina griegos, como los de Hipócrates, Galeno o Dioscórides.

Es oportuno mencionar que existieron monasterios, aunque en menor número, para mujeres, y que allí también tuvieron lugar procesos de educación no muy distintos a los de los varones. Un caso emblemático es el de Hildegarda de Bingen (1098-1179). Además de poetiza y prolífica compositora, fue autora de tratados sobre historia natural y medicina. *Liber simplicis medicine* o *Physica*, fue una de sus más conocidas obras, es un tratado sobre las propiedades terapéuticas de plantas, animales y minerales.

A pesar de la existencia de un clero femenino, y de la importancia de personajes como Hildegarda de Bingen en el siglo XII, la Iglesia, los monasterios y las universidades fueron en su mayoría instituciones masculinas. El clero podía incluir miembros de distintos grupos sociales, pero no a mujeres. Este hecho tuvo implicaciones enormes, muchas veces pasadas por alto. El dominio masculino en la filosofía y la ciencia en Occidente podría, en parte, ser explicado por la estructura clerical del mundo académico cristiano.

"Que Dios existe verdaderamente": san Anselmo

Seiscientos años después de san Agustín, y como una muestra del tipo de trabajo filosófico que se produjo en el contexto de los monasterios, encontramos otro gran defensor de la fe que no puede faltar en la historia de la verdad: Anselmo de Canterbury.

Sobre la verdad es un escrito clave para entender las relaciones entre filosofía y teología. Podemos decir que es un texto filosófico que tiene un punto de partida y un fin de carácter teológico. Escrito en forma de diálogo entre discípulo y maestro, el tratado inicia con una pregunta del discípulo: "Puesto que creemos que Dios es la verdad, quisiera saber si siempre que se profiere una verdad, debemos confesar que ella es Dios". Este punto de partida tiene su sustento, por un lado, en el Evangelio de san Juan: "Yo soy el camino, la verdad y la vida"[18], y por otro, en anteriores textos del mismo san Anselmo en los que afirma que la verdad no tiene principio ni fin, que es eterna y única.

Un enunciado es verdadero, leemos más adelante, cuando existe lo que enuncia. "Igualmente, cuando expresa que existe lo que existe, la expresión es verdadera"[19]. Pero de manera inmediata, esta dimensión ontológica de la verdad adquiere un sentido moral al identificar la verdad con la rectitud. "El pensamiento es verdadero y correcto —aclara Anselmo— no por otra cosa sino porque juzgamos que existe lo que existe o que no existe lo que no existe, su verdad no es algo distinto de su rectitud"[20]. Obrar con rectitud es obrar con verdad. Con esta asociación entre verdad y rectitud sus argumentos ontológicos se mueven a un terreno moral, y la verdad es lo mismo que rectitud, y por lo tanto depende también de la voluntad. La verdad, la rectitud y la voluntad son entonces inseparables. El mal, el demonio, se aleja de la verdad por carecer de voluntad. De nuevo, el Evangelio lo conduce a esta relación entre el bien y la verdad: "Quien obra mal odia la luz"[21] y "quien obra la verdad, viene hacia la luz"[22].

El platonismo, una vez más, se hizo presente: los sentidos y la experiencia nos pueden engañar, la verdad no depende del cuerpo o lo material, "[...] la verdad como la rectitud están en la esencia de las cosas porque son lo que son en la Verdad suprema"[23].

[18] 1 Juan, 14, 6.

[19] Anselmo de Canterbury, *Proslogion: Sobre la verdad* (Barcelona: Aguilar y Ediciones Orbis, 1984), 119.

[20] *Ibid.*, 123.

[21] 1 Juan, 3, 20.

[22] 1 Juan, 3, 21.

[23] *Ibid.*, 135.

Anselmo de Canterbury (Aosta, Italia, 1033-1109)

San Anselmo creció en el seno de una familia adinerada. Sintió su vocación religiosa a los quince años, época en la que quiso unirse al monasterio, lo cual no pudo hacer debido a la oposición de su padre. A los veintisiete años, dejó su casa e ingresó al monasterio de Bec, donde conoció al abad Lanfranco, quien fue su gran amigo y mentor, y a quien sucedió como abad entre 1077 y 1078. Mientras ejercía esa labor escribió dos de sus obras más importantes: *Monologion* y *Proslogion*. En esta última expone un argumento conocido como el *argumento ontológico*, para algunos el más reconocido para probar la existencia de Dios. Después de ello viajó a Inglaterra (1092), donde ejerció como arzobispo de Canterbury. En varias ocasiones se vio obligado a abandonar la ciudad, pues por aquella época gobernaba Guillermo el Rojo y Anselmo no dudaba en hacer evidente su desacuerdo con sus políticas violentas y déspotas. Regresó a la ciudad para instalarse de manera definitiva después de la muerte de Guillermo el Rojo, cuando Enrique II lo sucedió. Continuó como arzobispo de Canterbury hasta su muerte en 1109. Fue proclamado Doctor de la Iglesia en 1720 por el papa Clemente XI.

Un elemento central de la obra de san Anselmo son sus demostraciones de la existencia de Dios, inspiradas en san Agustín. Estas son tratadas con el mayor rigor y serán un referente futuro de innegable influencia. Por la importancia que tiene la demostración de la existencia de Dios como fundamento metafísico y epistemológico de la teología cristiana, vale la pena citar el argumento ontológico tal y como se presenta en *Proslogion*, en el capítulo 2:

> Que Dios existe verdaderamente.
>
> Señor, Tú que das la inteligencia de la fe, dame cuanto sepas que es necesario para que entienda que existes, como lo creemos, y que eres lo que creemos; creemos ciertamente que Tú eres algo mayor de lo cual nada puede pensarse. ¿Y sí, por ventura, no existe una tal naturaleza, puesto que el insensato dijo en su corazón: no existe Dios? Mas el propio insensato, cuando oye esto mismo que yo digo: "algo mayor que lo cual nada puede pensarse", entiende lo que oye; y lo que entiende está en su entendimiento, aunque no entienda que aquello exista realmente. Una cosa es, pues, que la cosa esté en el entendimiento, y otra entender que la cosa existe en realidad. Pues, cuando el pintor piensa lo que ha de hacer, lo tiene ciertamente en el entendimiento, pero no entiende que exista todavía en la realidad lo que todavía no hizo. Sin embargo, cuando ya lo pintó, no solo lo tiene en el entendimiento, sino que también entiende que existe en la realidad,

> porque ya lo hizo. El insensato debe convencerse, pues, de que existe, al menos en el entendimiento, algo mayor que lo cual nada puede pensarse, porque cuando oye esto, lo entiende, y lo que se entiende existe en el entendimiento. Y, en verdad, aquello mayor que lo cual nada puede pensarse, no puede existir solo en el entendimiento. Pues si solo existe en el entendimiento puede pensarse algo que exista también en la realidad, lo cual es mayor. Por consiguiente, si aquello mayor que lo cual nada puede pensarse, existe solo en el entendimiento, aquello mayor que lo cual nada puede pensarse es lo mismo que aquello mayor que lo cual puede pensarse algo. Pero esto ciertamente no puede ser. Existe, por tanto, fuera de toda duda, algo mayor que lo cual nada puede pensarse, tanto en el entendimiento como en la realidad[24].

En resumen, su argumento se construye sobre los siguientes principios: (1) las cosas son desiguales en perfección, (2) todo lo que posee una perfección en mayor o menor grado, lo posee porque participa de una perfección absoluta, de un mismo y solo principio, (3) un atributo necesario de un ser perfecto es la existencia del mismo. Como veremos, la famosa demostración de Descartes de la existencia de Dios, la cual es fundamento de la filosofía cartesiana, parece seguir casi al pie de la letra estas reflexiones de la teología de Agustín y Anselmo.

Su demostración parte además de un hecho, al parecer irrefutable —que podemos pensar es consecuencia de la fe—: que existe en el pensamiento una idea de Dios y esta existencia de la idea del Dios perfecto implica la existencia de Dios por fuera del pensamiento. Este paso de la existencia de una idea a la necesaria existencia en la realidad se justifica solamente cuando se trata de la idea de un ser perfecto, el más grande que se puede concebir. Si negamos su existencia, podemos pensar algo más perfecto. En otras palabras, parece que la existencia es un atributo del cual no puede carecer la perfección, porque entonces no sería tal. Todo lo que existe, existe en virtud de una sola causa y esta causa que existe sin ser causada es Dios. Una vez más la teología nos conduce a la respuesta que le da Dios a Moisés: "Yo soy el que soy".

Al igual que Agustín, Anselmo quiso aclarar la relación entre filosofía y teología. Los hombres disponen de dos fuentes de conocimiento: la fe y la razón, y la inteligencia requiere o presupone la fe. Es interesante que su intento de demostración de la existencia de Dios se inicie con un llamado a la iluminación. Es Dios quien debe mostrar el camino de la razón. "Y no busco entender para creer, sino que creo para entender. Y también creo esto: que si no creyera, no entendería"[25]. La fe, de manera similar a lo enunciado por Agustín, es entonces una condición para el entendimiento.

[24] *Ibid.*, 56-57.
[25] *Ibid.*, 55.

Las universidades

Si bien la cultura y el conocimiento tienen una clara deuda con las tradiciones griegas y árabes, la universidad cristiana es una institución sin precedentes que se consolidó en Europa, se difundió y siguió operando sin mayores cambios por siglos. En ninguna otra cultura encontramos algo comparable, en el islam, en China o India no existieron instituciones al servicio de la educación con la importancia de la universidad en la Europa cristiana. Por lo mismo, desempeñó un papel determinante en la historia de la verdad en Occidente. Incluso hoy pensamos en la universidad como una institución venerable, origen de autoridad y distinción, cualidades no muy distintas a la que se les otorgaban a sus maestros y egresados desde sus inicios.

En el siglo XI, Europa vivió un crecimiento demográfico notable, asociado con un auge económico centrado en las ciudades, que a su vez prosperaron con rapidez. Esta situación permitió que las tradicionales escuelas monásticas, la mayoría aislada del mundo secular y de las ciudades, encontraran rivales importantes en las nuevas escuelas urbanas que ampliaron sus objetivos para atender los requerimientos de una población con necesidades diversas.

Un edicto imperial de Carlomagno ordenó el establecimiento de escuelas monásticas y episcopales, primordialmente para la formación del clero. Más adelante, estas escuelas se convertirían en la mayor fuerza educativa del mundo cristiano y serían claves en la creación de la universidad medieval. Las reformas carolingias del siglo IX tuvieron un visible impacto en Francia, con la consolidación de escuelas monacales asociadas a las catedrales, que luego se transformaron en importantes centros educativos como el de la catedral de Chartres, en el siglo XII. No olvidemos que la expansión del Imperio de Carlomagno se hizo en nombre del cristianismo y que tuvo el apoyo del papa, quien reconoció a Carlomagno como el emperador del Sacro Imperio Romano y protector de los cristianos.

Las escuelas urbanas en el año 1100 eran pequeñas, contaban con un profesor y unos diez o veinte estudiantes. Sin embargo, para el año 1200 ya habían ocurrido en ellas cambios importantes. Las escuelas empezaron a crecer en número y tamaño. En París, Bolonia y Oxford, los estudiantes llegaron a ser varios cientos. Oxford, por ejemplo, tenía más de setenta profesores. Este crecimiento generó nuevas instituciones que pasaron a llamarse *universitas*, término que desde el Imperio romano había sido utilizado para nombrar a un número de personas organizado en una corporación o sociedad, y que más adelante se asociaría con la pretensión de universalidad de la Iglesia católica.

Las primeras y más importantes universidades de la Edad Media fueron las de Bolonia (1088), Oxford (1096) y París (1150), las cuales se convirtieron

en modelos para una docena de instituciones similares que se crearon en los años siguientes. Desde ellas, Europa asimiló y divulgó las nuevas formas de conocimiento que se empezaron a desarrollar en su territorio.

Aunque existen diferencias entre las diversas instituciones, podemos tomar la Universidad de París como ejemplo. La Facultad de Artes Liberales era la más grande y, sin lugar a dudas, la más importante. Allí se enseñaban las llamadas siete artes liberales, compuestas por el *cuadrivium* de las disciplinas matemáticas (Astronomía, Música, Geometría y Aritmética) y, por el *trivium* de las disciplinas lógicas y lingüísticas (Gramática, Dialéctica y Retórica). Estas materias eran un requisito para ingresar a otra facultad y para aspirar a recibir títulos en leyes, medicina o teología. Un joven con conocimientos de latín, y con el perfil social indicado, podría ingresar a la universidad a los catorce años. Además de los conocimientos de latín, el ingreso a la universidad tenía un costo, y en muchos casos implicaba un juramento de lealtad, por parte de los nuevos estudiantes, a los principios religiosos y morales de la institución.

Un primer nivel de formación lo define la *lectio*, lectura y repetición memorística comentada de un texto y su *disputatio*, evaluación en la que se debía responder a preguntas que procuraban averiguar si el aspirante había comprendido las ideas de un autor. Cerca de seis años en la Facultad de Artes Liberales eran suficientes para alcanzar el título de *bachelor*.

Es interesante ver el grado de relativa uniformidad en los *curricula* y en la forma de enseñanza de la mayoría de estas universidades. Si recordamos las escuelas educativas de la Grecia antigua, como el Liceo o la Academia, los estudiantes que formaron parte de estas estuvieron destinados a seguir una corriente de pensamiento determinada que no incluía las otras. Aquí el panorama era distinto. Ya fuera en Oxford o en París, cada estudiante tenía acceso a, más o menos, las mismas materias y los mismos autores.

Así, en casi todas las universidades se estudiaban textos de Aristóteles: *Lógica*, que expone las bases de gramática; *Física*, que contiene los principios básicos del movimiento; *Sobre el cielo*, que se ocupa de la cosmología; *Meteorología*, que analiza los fenómenos terrestres, y *Generación y corrupción*, un estudio sobre los cuatro elementos fundamentales. La obra de Aristóteles constituía una parte importante de los *curricula*, aunque no era el único autor. Los padres y grandes pensadores del cristianismo, por supuesto, fueron lecturas obligadas. Los *Elementos de geometría* de Euclides, el *Almagesto* de Ptolomeo, Galeno en medicina y algunos escritos de Platón estuvieron presentes en la mayoría de las universidades.

Es oportuno entender la función de la formación que se buscó ofrecer con las siete artes liberales, las cuales, como dijimos, eran un requisito para entrar a las facultades de Medicina, Leyes o Teología, casos en los cuales se reconoce un propósito y fin práctico: formar médicos, teólogos o expertos en asuntos legales. Las artes liberales, sin embargo, no tenían una utilidad

tan obvia, pero suponían un cuerpo de conocimientos considerados básicos. Entre estos, la lógica tuvo gran importancia a lo largo de la Edad Media, en parte porque las competencias en el correcto uso del lenguaje y la inferencia eran percibidas como herramientas necesarias para todos los campos del conocimiento. Aristóteles era la fuente básica y, como sabemos, el filósofo griego entendió la lógica como *organum* (instrumento). De hecho, uno de los elementos distintivos de la filosofía en el Renacimiento europeo fue el ataque a la lógica aristotélica y escolástica: el humanismo encontró la lógica medieval estéril y complicada. Francis Bacon tituló su gran obra *Novum organum*, con lo cual anunciaba la sustitución de la lógica aristotélica, pero de ello nos ocuparemos más adelante.

De manera que el *trivium* ofrecía las disciplinas básicas para el correcto uso del lenguaje y de la argumentación; el *cuadrivium*, por su parte, una serie de conocimientos relacionados con las matemáticas y la geometría, que en la tradición platónica conformaban un campo de alto valor en sí mismo, pero que también servían como herramientas básicas para entender el mundo natural. Un ejemplo evidente de la aplicabilidad de las matemáticas y la geometría es la astronomía, área en la cual todo estudiante universitario recibía alguna formación. Un tratado fundamental como el *Almagesto* de Ptolomeo no era sencillo de comprender, y por ello fueron necesarios libros de texto más accesibles. En el siglo XIII circuló, por ejemplo, el *Tratado de la esfera* de Juan Sacrobosco, que sería el medio principal para la difusión de la astronomía ptolemaica en el mundo cristiano.

Nos puede sorprender que la música formara parte del *cuadrivium* y que tuviera un prestigio similar a la geometría o la astronomía, pero en ella se combinan el estudio de la armonía, que tiene una estrecha relación con la aritmética, con elementos religiosos y con algunos aspectos prácticos, por ejemplo, se consideraba que la música tenía virtudes curativas[26]. La música no ha sido un tema de mayor interés para los historiadores de la ciencia, pero como lo ha mostrado con claridad Alfred Crosby, la notación musical fue una temprana y clara expresión de cuantificación de la realidad[27]. La música fue, además, uno de los intereses de figuras claves en la tradicional historia de la ciencia moderna, como Kepler, Galileo y Newton.

Los estudiantes universitarios podían entonces aspirar a títulos similares a los que hoy ofrecen la mayoría de universidades modernas; es decir, los de *bachelor*, máster y doctor en filosofía[28]. Con el título de *magister* (maestro) se adquirían las credenciales necesarias para enseñar; el título de doctor

[26] Edward Grant, *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages: Their Religious, Institutional, and Intellectual Contexts* (Cambridge, Nueva York y Melbourne: Cambridge University Press, 1996), 33-53.

[27] Alfred Crosby, *The Measure of Reality: Quantification in Western Europe, 1200-1600* (Cambridge: Cambridge University Press, 1998).

[28] Grant, *The Foundations of Modern*, 33-53.

exigía estudios más profundos y suponía, como ahora, aportes nuevos al conocimiento por parte del egresado, lo cual implicaba una permanencia en la universidad de diez a quince años.

La universidad desempeñó así un papel muy notable en la legitimación de un nuevo conocimiento letrado. El caso de la medicina es claro. Si bien el ejercicio de la medicina había sido en gran parte empírico, la formación de médicos con títulos universitarios marcó una diferencia. Los médicos no solo empezaron a tener credenciales, sino una reconocida formación en otros campos del conocimiento. Por otro lado, la universidad certificaba la autoridad en el conocimiento de las leyes y formaba a los que equipararíamos hoy en día con los abogados profesionales.

Los monasterios, entre los siglos VI al XII, permitieron la alfabetización femenina, y mujeres notables como Hildegarda de Bingen, a quien ya mencionamos, encontraron allí la oportunidad de recibir una educación similar a la de los hombres, y en algunos casos lograron escribir sobre temas de medicina, historia natural o cosmología. Con todo, el auge de las universidades, instituciones que con contadas excepciones admitieron mujeres como estudiantes o maestras, limitó drásticamente su posibilidad de educación. Hasta el siglo XIX la admisión de mujeres en las universidades fue excepcional. Esto quiere decir que quedaron excluidas de los oficios de la enseñanza o de profesiones en el campo de las leyes, la medicina y la Iglesia[29].

De manera que, la universidad, como un centro de autoridad filosófica, trascendió el ámbito religioso. Por ejemplo, la Universidad de París tuvo apoyo real, ya que la Corona requería también de intelectuales con capacidad y autoridad para comandar los asuntos de gobierno[30]. Así, el estrecho vínculo entre el conocimiento y la administración supuso una burocracia educada que se formó en las universidades. El desarrollo de una monarquía pontificia, relacionada con los papas Inocencio II y Gregorio IX, buscó, también, darle a la Iglesia una administración más eficaz: una justicia, unas finanzas y un gobierno con una burocracia competente.

Sin embargo, la facultad de mayor autoridad, sobre todas las demás, fue la de Teología. La gran empresa de defender racionalmente la fe, de demostrar su verdad y el error de otras doctrinas religiosas o filosóficas estuvo ligado al surgimiento de la universidad. En particular, la Universidad de París fue el centro de grandes debates filosóficos y religiosos. Para la Iglesia fue necesario contar con los argumentos para vencer al hereje, para convertir al infiel y para mostrar a los demás el camino de la verdad. La Iglesia, para difundir y mantener su autoridad, requirió de mentes preparadas para esta tarea y la

[29] Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?* 28-29.

[30] Sobre la universidad medieval véanse David Lindberg, *Science in the Middle Ages* (Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1978), 120-144, y Paul Benoit, "La teología en el siglo XIII: Una ciencia diferente a las demás", en Michel Serres, *Historia de las ciencias* (Madrid: Cátedra, 1991), 208.

enseñanza fue una herramienta clave para entender su triunfo ideológico y político.

A comienzos del siglo XII aparecieron nuevas órdenes religiosas en Occidente, conocidas como órdenes mendicantes, representadas por los franciscanos y los dominicos. Aunque nacieron en condiciones distintas, ambas respondieron al deseo y la necesidad de una Iglesia más eficiente y fuerte frente a las amenazas y los retos que se presentaban. Una de las características de estas órdenes, además de vivir en la pobreza de los apóstoles y llevar una vida cristiana ejemplar, fue el hecho de que sus predicadores y misioneros debían recibir una formación intelectual adecuada. Los mendicantes ocuparon un lugar notable en la historia intelectual de Europa en el siglo XIII y tomaron el dominio del pensamiento teológico. Los dominicos, según parece, representaron una corriente aristotélica moderada, con figuras como Alberto Magno (1200-1280) y Tomás de Aquino (1225-1274), entre los más importantes; mientras que los franciscanos, como san Buenaventura (ca. 1217-1274), acogieron el pensamiento de Agustín, y por lo mismo cierta forma de platonismo.

Para el mundo cristiano, la fuente de toda verdad religiosa, no podemos olvidar, proviene de un libro, y su lectura y difusión requiere de hombres de letras. Es además un mundo en el cual la religión tiene que convivir con el pasado glorioso de la filosofía, que cada vez era objeto de mayor circulación gracias a la creciente industria de traducciones árabes.

En el siglo XII, la filosofía y las ciencias griegas y árabes irrumpieron con fuerza en el mundo cristiano, y no es una coincidencia que este fuera el mismo periodo de surgimiento de las universidades. No olvidemos que en la universidad se estudiaban los *auctoritas*, autores cuya autoridad no se cuestionaba y cuyas obras eran referencias obligadas, que se citaban y se comentaban. La Biblia y los padres de la Iglesia eran "autoridades", pero también ciertos tratados o autores griegos, sin duda, Platón y Aristóteles, pero también tratados de medicina, astronomía o geometría. Euclides, Galeno, Ptolomeo, Plinio, entre muchos otros, fueron parte del estudio del selecto grupo de "autoridades" en la universidad medieval.

Con la consolidación de la teología, la Edad Media creó sus propias autoridades filosóficas y los comentaristas de autores griegos, que fueron objeto de estudio cuidadoso en el seno de las universidades. El gran reto de la universidad medieval fue consolidar la autoridad religiosa, de ahí que su principal propósito fuera la formación de maestros en capacidad de difundir las verdades de la cosmología cristiana. La defensa de la verdad era mucho más que un acto de autoridad, se requería de argumentos y, por lo mismo, del desarrollo de un sofisticado fundamento filosófico.

Ahora, es momento de retomar la historia de la defensa filosófica de la fe en el contexto de los monasterios y universidades, así como el florecimiento de estudios y traducciones de la obra de Aristóteles. A diferencia de san

Agustín y san Anselmo, quienes, como vimos, tuvieron una clara inspiración platónica, la teología que emergió en el siglo XI encontró en Aristóteles elementos claves para la defensa filosófica del cristianismo, de la cual Tomás de Aquino fue su más elaborada expresión.

La influencia de Aristóteles en la teología cristiana tiene una larga historia, y se relaciona con el auge de traducciones y estudios sobre Aristóteles que provenían de los árabes. Entre los más destacados teólogos en Occidente que hacen parte de esta tradición debemos mencionar las obras de personajes como Robert Grosseteste (1168-1253), Roger Bacon (1214-1294) y Alberto Magno, que construyeron lo que podemos llamar un cristianismo aristotélico, y quienes, de paso, crearon las bases para la obra teológica de Tomás de Aquino.

Si bien la tradición aristotélica se caracteriza por un interés en la filosofía natural y algunos de estos autores produjeron una obra rica en conocimientos sobre la naturaleza, se trató en últimas de poner a Aristóteles al servicio del cristianismo, o mejor, la filosofía al servicio de la teología. Roger Bacon es contundente en este propósito cuando afirma que hay una sola fuente de verdad, la cual "está contenida en las Sagradas Escrituras, en la que está enraizada toda verdad. Por tanto, digo que una disciplina es ama de las otras, es decir, la teología, para la que las otras son necesidades integrales, y no puede alcanzar sus fines sin ella"[31].

Alberto Magno siguió los pasos de Bacon, al procurar depurar la filosofía de Aristóteles y consolidar una relación de complementariedad entre filosofía y teología, lo cual conduce, también, a hacer una diferenciación entre las dos y señalar hasta dónde debe llegar la filosofía. Así, los pensadores cristianos, y más adelante, de forma notable, John Duns Scoto (1266-1308) y Guillermo de Ockham (1285-1347) buscaron con argumentos filosóficos dejar claros los límites de la filosofía.

Los asuntos de fe y doctrina cristiana fueron, entonces, objeto de una reflexión filosófica que forma parte de una poderosa tradición intelectual, con consecuencias importantes en la historia de la ciencia occidental. En estrecha relación con la universidad, fue en los siglos XII y XIII cuando se consolidó la idea de la teología como una disciplina particular y fundamental.

Aristóteles se hace cristiano: Tomás de Aquino

La invitación para que fuera ayudante de Alberto Magno, en 1250, le permitió a Tomás iniciarse como profesor en la Universidad de Colonia. Según el proceso habitual, comenzó la docencia como profesor o lector de las Sagradas Escrituras y dos años más tarde ejerció como docente en la Universidad de

[31] Citado en Lindberg, *Los inicios*, 287.

París. Su trabajo de maestro en Colonia, París y luego en Italia lo llevó a concebir un gran proyecto: la escritura de un gran compendio de filosofía y teología, que resolvería todos los problemas de la enseñanza universitaria: la *Suma de teología*.

Su obra sería así un permanente esfuerzo por construir un sistema filosófico, racional, que mostrara la veracidad de la fe y la supremacía de la

IMAGEN VI.3. El triunfo de santo Tomás de Aquino, *Benozzo Gozzoli, 1471, Museo de Louvre, París*

La iconografía de santo Tomás suele mostrarlo con un libro abierto, como intérprete de las Sagradas Escrituras y como un recordatorio de su incansable búsqueda de la verdad. En este caso, Aquino está acompañado de Aristóteles a su derecha y Platón a su izquierda, en la parte inferior, a sus pies, está Averroes.

FUENTE: "Benozzo Gozzoli - Triumph of St Thomas Aquinas", *Wikimedia Commons*, última modificación 24 de mayo del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, ttps://urlzs.com/Tk7U.

teología sobre todas las ciencias. Tanto la fe como la razón son otorgadas por Dios, y teniendo un mismo origen en el Creador perfecto no pueden ser contradictorias. Esta controversia entre la filosofía y la teología fue central en la universidad medieval y tendría consecuencias significativas para la historia de la ciencia en Occidente. *Teología*, el estudio de Dios, se ocupa de las causas primeras, lo cual, siguiendo una tradición aristotélica, se conoce como metafísica, algo que está más allá de la física. Por lo mismo, se entiende como la madre de las ciencias. Esta idea, de que las ciencias tienen un fundamento metafísico seguiría presente en la filosofía moderna, como en el caso de René Descartes. Precisamente la filosofía primera o metafísica, sobre la cual se deben fundar todas las ramas del conocimiento, es para Tomás la que se ocupa de "lo que es", del "ente en cuanto ente", de toda la realidad y de su causa primera: Dios. En otras palabras, la teología es la base de todo conocimiento, puesto que Dios es la causa primera de todo lo que es. La verdad, Dios, es entonces el fin último del universo.

Tomás de Aquino (Roccasecca, Italia, 1225-1274)

Tomás nació en el castillo de Roccasecca (Aquino) y formó parte de una estirpe de señores feudales. El condado de Aquino se encontraba a medio camino entre Roma y Nápoles, y Tomás se crio en un ambiente de nobleza, propicio para el cultivo de las letras. Inició su educación en Nápoles, donde pasó cinco años, y continuó su formación en teología en la recién fundada Universidad de París, donde fue discípulo del también dominico Alberto Magno. Tomás fue uno de los representantes más importantes de la escuela escolástica y sobre su trabajo se fundaron escuelas como la tomista y la neotomista. Fue muy reconocido como comentarista de Aristóteles, sobre todo por señalar la compatibilidad entre las tesis de este último y los fundamentos de la religión católica. Las obras de santo Tomás cuentan con una división canónica entre sus comentarios de las Escrituras y de las obras aristotélicas, sus obras menores, cuestiones disputadas y síntesis teológicas. Entre el último grupo se encuentran sus textos más reconocidos: la *Summa contra gentiles* y la *Summa theologiae*. Después de hacer una carrera académica en París, entre 1259 y 1268, se estableció en Italia, donde fue maestro de teología en la corte pontificia. Más tarde, fue enviado por el papa Gregorio X al segundo Concilio de Lyon; sin embargo, en el trayecto de Nápoles a Lyon enfermó y falleció. Pronto se hizo evidente su fuerte influencia en la Iglesia católica: en 1323 fue canonizado, en 1567 el papa Pío V lo proclamó Doctor de la Iglesia y en 1880 el papa León XIII lo nombró patrón de las universidades y escuela católicas.

Tomás de Aquino se ocupó de la existencia de Dios en la primera parte de la *Suma de teología*, en particular, en el artículo 3, de la cuestión 2, titulada "¿Existe o no existe Dios?". Frente a los escépticos y los argumentos en contra de la existencia de Dios, Aquino ofreció su solución enunciando cinco maneras distintas para probar su existencia, que vale la pena mencionar. Estas vías, o caminos, para demostrar la existencia de un único Dios son una clara expresión de la relación entre filosofía y teología, y es evidente el uso de argumentos aristotélicos para este fin. En la primera, hace referencia al problema del movimiento. Partiendo de la realidad del movimiento que perciben nuestros sentidos, y siguiendo a Aristóteles, Aquino argumenta:

> Todo lo que se mueve necesita ser movido por otro. Pero si lo que es movido por otro se mueve, necesita ser movido por otro, y este por otro. Este proceder no se puede llevar indefinidamente, porque no se llegaría al primero que se mueve y así no habría motor alguno pues lo motores intermedios no mueven más que por ser movidos por el primer motor [...]. Por lo tanto es necesario llegar a aquel primer motor al que nadie mueve. En este todos reconocen a Dios[32].

En la segunda vía, Tomás recurre a la noción aristotélica de causa eficiente, y de manera similar reclama la necesidad lógica de una primera causa eficiente que se identifica con Dios. La tercera se refiere a lo posible y lo necesario, allí llega a la conclusión de que si bien las cosas pueden o no existir, y teniendo en cuenta que de la nada no se puede producir nada, es necesario la existencia de algo cuya causa de necesidad no esté en otro sino en él mismo, y este ente, cuya existencia es posible y necesaria, es Dios. En la cuarta se refiere a la jerarquía de valores que encontramos en las cosas. Ya que podemos reconocer distintos grados de perfección en los seres de este mundo, para santo Tomás esto supone la existencia de un modelo con respecto al cual establecemos la comparación, un ser óptimo, un ser supremo y perfecto, que es Dios.

La quinta vía se refiere a la finalidad que se aprecia en las cosas de la naturaleza; un orden en el mundo que supone un diseño, una inteligencia que le ha dado sentido a todas las cosas. "Las cosas que no tienen conocimiento —escribe Aquino— no tienden al fin si ser dirigidas por alguien con conocimiento e inteligencia, como la flecha por el arquero. Por lo tanto hay alguien inteligente por el que todas las cosas son dirigidas al fin. Le llamamos Dios"[33]. Esta concepción teleológica de la naturaleza, muy evidente en la filosofía griega y que se ve de manera explícita en la metafísica de Aristóteles, es de central importancia para el mundo cristiano y la teología monoteísta, pero también para la filosofía natural y para la ciencia moderna. Esta es una

[32] Tomás de Aquino, *Suma de teología* (Madrid: Gredos, 2012), 341.
[33] *Ibid.*, 343.

idea profundamente arraigada en la historia de la verdad en Occidente y solo hasta la llegada del darwinismo a finales del siglo XIX fue posible concebir una filosofía del conocimiento que tomara distancia de la idea de un diseño y un orden racional para la naturaleza y todas sus criaturas.

Así, la filosofía o el pensamiento racional y la teología no son contrarios, sino más bien complementos que se necesitan uno al otro. Creer, dice Tomás, es pensar con asentimiento, la fe es un acto de la inteligencia humana: "[...] el creer [la fe] es inmediatamente acto del entendimiento, pues su objeto es la verdad, acto propio de aquel. Por eso es necesario que el principio de ese acto radique en el entendimiento"[34].

Con la fe, la razón humana, lejos de ser anulada, es conducida a su máxima expresión. Las verdades de la fe son garantizadas por la veracidad de Dios, cuya existencia conoce la razón natural, que puede ser perfeccionada por las demostraciones de la filosofía. La inteligencia humana reconoce la infinita y suprema razón de Dios. La filosofía, la ciencia, la teología y la fe confluyen en un fin común: la verdad. Empero, la certeza de la fe proviene de una naturaleza superior y su perfección es total, proviene de la voluntad de Dios. Es la voluntad, dispuesta por la gracia de Dios, la que nos conduce a la certeza y, por lo mismo, se diferencia de la mera opinión que es imperfecta: "[...] para asentir a las verdades de fe, el hombre es elevado sobre su propia naturaleza y por eso es necesario que haya en él un principio sobrenatural que le mueve, y ese principio es Dios"[35].

La razón humana y la revelación tienen un mismo origen: Dios, y es en ese sentido que se puede entender la filosofía como "sierva" de la teología. Así, la fe es racional, pero proviene de una fuente superior a la razón humana. Esto significa que la razón humana tiene límites y que frente a los asuntos de la fe, frente a lo eterno y lo perfecto, debe suspender sus juicios, rendirse a una verdad de origen superior, que no puede ser explicada por la filosofía natural.

"Las cosas creadas no pueden alcanzar una perfecta semejanza de Dios". Ningún ente natural puede representar en absoluto la perfección de Dios, todas las representaciones o los entes creados son siempre finitos. Esta naturaleza divina de la verdad conduce a la identidad entre bondad, belleza y verdad. "Las cosas en su singularidad son bellas según su propia razón, es decir según su propia forma [...] todo participa de la belleza y el bien, puesto que cada cosa es bella y buena según su propia forma"[36].

[34] *Summa theologiae*, II-II, q. 4, art.2, in. c, citado en Eudaldo Forment, *Santo Tomás: Suma cuestiones* (Madrid: Gredos, 2012), XXXII.

[35] *Summa theologiae*, II-II, q. 6, art. 1, in. c, citado en Forment, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, XXXV.

[36] *In Dionisii de divini nominibus*, IV, lect. 5, citado en Forment, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, LXI.

Un elemento central en el tomismo es la concepción teleológica del universo, que vimos en la primera vía, la idea de la *primera causa*, del *motor inmóvil* en Aristóteles, una idea fundamental en la metafísica del pensador griego, que aquí se convierte en un aspecto central de la doctrina cristiana. Siguiendo a Aristóteles, Tomás afirma que es necesario que todas las cosas tengan por causa un primer ente que es del todo perfecto. Si recordamos el concepto de *motor inmóvil* de Aristóteles (véase el capítulo III) encontramos que dicha causa primera no es causada por ninguna otra. Es causa del cambio o del movimiento, pero ella misma no tiene movimiento, no cambia, es acto puro, carece de toda potencia porque lo es todo. En otras palabras, es el fin de todo lo que es, el origen y la causa final del universo en su totalidad. Este principio fundamental de la teleología en el que todo agente, cuando obra, tiende a algún fin, se traduce en un principio teológico según el cual Dios es el fin último de todas las cosas.

El primer motor inmóvil, la causa no causada, es el origen de todo ser e inteligencia ordenadora. Dios es eterno, no tiene principio ni fin, es acto puro, carece de toda potencia. La potencia supone que algo puede ser distinto de lo que es, por ende, implica algún tipo de carencia, de imperfección y, por lo mismo, la potencia es propia del mundo material. Santo Tomás no solo identifica a Dios con el *acto puro* de Aristóteles, sino también con la definición bíblica de "El que es". Como lo vimos al inicio de esta segunda parte, el Antiguo Testamento es claro en este sentido, la palabra de Dios, la esencia divina, se expresa en la respuesta que Dios le da a Moisés cuando le pregunta quién es y Dios responde "Yo soy el que soy".

No obstante, aquí surge un problema frente a la metafísica de Aristóteles y es el acto divino de la creación. En Aristóteles, el mundo es eterno, de la nada no puede emerger cosa alguna, pero en la filosofía tomista, la capacidad de crear, de producir algo de la nada, es un atributo fundamental, propio de la omnipotencia de Dios: solo Dios puede crear. "La creación es la producción de algo en toda su sustancia sin presuponer nada increado o creado por alguien. Así, hay que concluir que nadie puede crear algo. Solo Dios, que es la primera causa, puede hacerlo"[37].

Santo Tomás sigue a Agustín en su solución de las ideas platónicas como ideas divinas. "El doble carácter de las ideas establecido por Platón, esto es, como principio de conocimiento y generación de las cosas, hay que situarlo en la mente divina"[38].

[37] *Summa theologiae*, I, q. 65, art. 3, in. c, citado en Formet, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, LXIII.

[38] *Summa theologiae*, I, q. 15, art. 3, in. c, citado en Formet, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, LXVII.

Así, Dios mismo es el modelo, el primer ejemplar o prototipo de toda la creación; las cosas creadas son imitaciones de Dios. El azar, por el contrario, por ser accidental, no puede ser la causa de las cosas:

> Todas las criaturas, incluso las que carecen de entendimiento, están ordenadas a Dios como su último fin, y cada una lo alcanza en la medida en que participa de la semejanza divina, pero las criaturas intelectuales lo alcanzan de un modo especial, es decir, entendiendo con su propia operación a Dios. Por ello es preciso que esto sea el fin de la criatura intelectual, o sea, el entender a Dios[39].

Dentro de todas las criaturas, los seres humanos ocupan un lugar central. Los humanos son el ente de mayor perfección entre todos los creados. "Fue a propósito de la suma perfección de las cosas que hubiese algunas criaturas que obrasen como Dios obra, y, obrando Dios, por entendimiento y voluntad, fue conveniente que hubiese algunas criaturas con entendimiento y voluntad"[40].

Esta participación de la ley eterna en la criatura racional es lo que se llama ley natural. Por este precepto los humanos buscan su fin, su inteligencia y su libertad y son conducidos, por naturaleza, al fin último, a Dios. La ley natural —divina— es una ley superior tanto a las leyes de la naturaleza como a las humanas.

El entendimiento y la voluntad del espíritu humano tienen una capacidad natural para conocer y querer a su Creador; conocer y amar a Dios es natural a los hombres. Esta condición natural tiene relación con la idea del hombre como una criatura a imagen y semejanza de Dios. Todas las criaturas, como vimos, guardan alguna semejanza con su Creador. Semejanza que se da en tres niveles: Dios y sus criaturas se asemejan en la medida en que existen, en la medida en que viven y en la medida en que saben o entienden. Esta última es una virtud propia y única de los humanos. Solo las criaturas racionales son imágenes de Dios, todas las demás son solo señales o huellas de su Creador. Los seres humanos poseen un alma diferente a la del resto de criaturas, una sustancia inmaterial que tiene una existencia propia y que, a su vez, le da forma al cuerpo.

La obra de Aquino nos permite comprender mejor la pretensión teológica de una sabiduría superior y la estrecha relación entre la defensa de una única verdad y las doctrinas monoteístas. Lo anterior tiene consecuencias en la educación y la política de gigantescas proporciones. El sabio, para Tomás, tiene una doble función: expresar la verdad y combatir los errores. El filósofo o sabio puede ordenar, en los dos sentidos de la palabra, mandar, encaminar o dirigir a los demás, y también poner las cosas en su lugar.

[39] *Summa contra gentiles*, c. 25, citado en Formet, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, LXX.

[40] *Summa contra gentiles*, II, c. 46, citado en Formet, *Santo Tomás: Suma cuestiones*, LXXV.

Quien posee la verdad tiene la autoridad para conducir a los demás por el sendero correcto.

En el pensamiento de tomistas esta expresión de autoridad absoluta se expresa con claridad. En palabras de Roger Bacon:

> No hay más que una sabiduría perfecta, regalada por un solo Dios a un solo género humano con vistas a un solo fin, que es la vida eterna. Está contenida por entero en las Sagradas Letras, de donde debe ser explicada por el derecho canónico y por la filosofía. Porque todo lo que es contario a la sabiduría de Dios o le es extraño, es erróneo y vano, y no puede ser de utilidad al género humano[41].

Roger Bacon (Ilchester, Inglaterra, 1214-1294)

Teólogo, filósofo y naturalista inglés perteneciente a la orden franciscana, estudió y enseñó en las universidades de Oxford y París. Su obra más reconocida, *Opus maius*, aborda temas de filosofía natural, matemáticas, física, lógica, filosofía y teología, entre otros. Bacon envió esta obra y las dos que escribió después al papa Clemente IV en Roma, con quien tuvo una relación cercana. Bacon defendió la idea de las Sagradas Escrituras como base de cualquier ciencia. Dentro de sus estudios realizó varios experimentos, con lo cual resaltó la importancia del empirismo en la construcción de conocimiento. Roger Bacon murió en Oxford, donde estuvo establecido la mayor parte de su vida.

Quienes tienen acceso a esta sabiduría, tienen en sus manos la autoridad para controlar a los demás y, así, la Iglesia católica tiene el derecho de controlar el mundo entero. La metafísica, la filosofía y todas las ciencias están al servicio de una sabiduría suprema que está en el Evangelio. De este modo, el anhelo del cristianismo es, en palabras de Bacon, que "Los griegos volverán a la obediencia de la Iglesia romana, los tártaros se convertirán en su mayor parte a la fe, los sarracenos serán destruidos, y habrá un solo redil y un solo pastor"[42].

Un solo rebaño y un solo pastor bajo la autoridad de Roma. El jefe de toda sociedad es el que tiene la obligación de conducirla a su fin supremo. Por ello, el papa debe su dominio práctico sobre lo temporal al dominio de la teología sobre la filosofía y otras ciencias. Romper la unidad jerárquica

[41] Citado en Gilson, *La filosofía*, 529.
[42] *Ibid.*, 530.

de la sabiduría cristiana es cuestionar la unidad jerárquica de la cristiandad. La filosofía no puede subordinar a la teología, pues esta es el fin de la autoridad suprema.

El esfuerzo de la Iglesia por eliminar a sus enemigos o a los contradictores de la fe cristiana se traduce en el desarrollo de una tradición filosófica compleja, que buscó articular —o, si era necesario, corregir— la obra de los grandes filósofos de la Antigüedad: Platón y Aristóteles, y la de sus posteriores comentaristas, como la del pensador cordobés Averroes. Esta disputa por la verdad se concreta en diversos esfuerzos por eliminar los errores de la filosofía pagana y en contundentes actos de autoridad como la lista de prohibiciones formuladas en 1277 por Étienne Tempier, obispo de París, del cual nos ocuparemos más adelante, y que para historiadores como Pierre Duhem constituyen un capítulo definitivo en el pensamiento occidental.

Guillermo de Ockham y los límites de la razón

El conflicto entre teología y filosofía natural, que se expresa de manera explícita en las prohibiciones de 1277, tuvo efectos de diversa índole, y para algunos fue el punto de quiebre con la autoridad de Aristóteles. En el campo teológico, la tensión entre la razón y la fe tendría consecuencias radicales en términos epistemológicos que ameritan una corta reflexión.

Parte de la solución al problema condujo a llevar al extremo la cuestión de los límites de la filosofía y de la razón, para así dar espacio a una verdad revelada que no se ve amenazada por la filosofía pagana. Guillermo de Ockham (ca. 1285-1347) es un ejemplo notable del esfuerzo filosófico por mostrar los límites de la filosofía frente a los grandes asuntos teológicos. Para Ockham, el mundo siempre depende de la voluntad de Dios, quien tiene un poder absoluto y, por ende, puede hacer las cosas de cualquier manera sin limitaciones físicas o lógicas. Esto implica que no hay necesidad alguna en el devenir natural y que todas las cosas del mundo material son contingentes y pudieron haber sido creadas de otra forma o simplemente no existir. Tan absoluto es el poder de Dios que podría mover los cielos, crear accidentes sin sustancia, materia sin forma o forma sin materia.

Esta posición hace que el conocimiento racional tenga obvios límites, dejando como única posibilidad epistemológica una forma radical de empirismo. La única alternativa de conocer el mundo es el resultado de experiencias particulares y es mediante estas que podemos conocer sobre la realidad de las cosas, sin que esto de lugar a la deducción o a algún tipo de inferencia lógica que conduzca al conocimiento de leyes universales o conceptos generales.

El conocimiento de la existencia de algo no nos permite inferir la existencia de ninguna otra cosa, ya que no hay conexiones de necesidad entre

cosas contingentes. La filosofía no tiene entonces posibilidad de demostrar la existencia de Dios, tampoco de negarla; no puede demostrar la realidad de la creación como tampoco probar la eternidad del mundo. De manera que la verdad no es accesible por medio de la razón, es en últimas un asunto de fe.

Esto supone una profunda revisión de las nociones de causalidad de la tradición aristotélica. Tal vez no es apropiado llamar a Ockham un escéptico, pero las consecuencias de sus ideas son radicales y parecen devastadoras sobre la filosofía. Este empirismo radical, en el que solo es real aquello de lo cual podemos tener una experiencia directa, conduce a una posición filosófica conocida como nominalismo; a saber, la tesis que niega la realidad de universales, siendo estos simples nombres sin referente en la realidad.

La radical oposición a la metafísica de Platón y a la lógica de Aristóteles deja sin fundamento cualquier especulación filosófica más allá de las observaciones particulares. La idea de la experiencia como única fuente de conocimiento confiable tendrá en adelante seguidores y complejos desarrollos que ganarán una fuerza particular a partir del siglo XVII en Inglaterra con la obra de Francis Bacon y David Hume, entre otros.

Capítulo VII
TEOLOGÍA Y FILOSOFÍA NATURAL

Los errores de Aristóteles

Entre los autores más estudiados en la universidad medieval, hemos insistido, Aristóteles tuvo una importancia particular, y para inicios del siglo XIII el mundo cristiano ya conocía buena parte de la obra del filósofo griego. Como hemos señalado, sus textos fueron esenciales en los *curricula* universitarios y en los debates filosóficos y teológicos. Así, entre todas las obras griegas y árabes que circularon en la Europa cristiana, la de Aristóteles fue la más estudiada y comentada; en pocas palabras, fue la gran autoridad. No hubiera sido posible, entonces, enfrentar los grandes debates de la fe a espaldas de este sistema de pensamiento, que era fundamental, pero también el centro de tensiones, que, como algunos argumentan, fueron definitivas en la consolidación de lo que llamamos ciencia moderna.

El estudio de la filosofía pagana, necesario para la defensa de la fe, supuso también riesgos, caminos peligrosos y fuentes de "error" que requirieron correcciones. El problema no era erradicar la influencia de Aristóteles, lo cual no hubiera sido posible, se trató, más bien, de adaptarla a los intereses del cristianismo y determinar los límites entre la filosofía y la fe. Lo anterior implicó hacerles frente y resolver tensiones con la filosofía griega en aspectos fundamentales.

A partir de algunos de los textos aristotélicos mencionados más arriba, los estudiosos medievales, como Tomás de Aquino, se enfrentaron a preguntas de naturaleza teológica, como el origen del universo y el problema de la creación, la inmortalidad del alma y la libertad humana; preguntas que resultan inseparables de otros problemas que parecen más del terreno de las ciencias de la naturaleza, como las grandes cuestiones cosmológicas, la existencia del vacío (la nada), las causas del movimiento y la caída libre, entre otros.

Algunos planteamientos de Aristóteles resultaban incompatibles con el dogma y la fe cristiana. De los diferentes conceptos aristotélicos que suponían una posible amenaza para el cristianismo, podemos mencionar algunos que nos conducirán a entender mejor el problema. En primer lugar, a los defensores de Aristóteles se les acusó de profesar cierta forma de panteísmo,

es decir, la idea de que se puede identificar a Dios con el universo. En segundo lugar, el cosmos aristotélico es eterno y no da lugar al acto de la creación, lo cual contradice las Sagradas Escrituras. En tercer lugar, la causalidad en la filosofía natural de Aristóteles conlleva cierto tipo de determinismo inquebrantable que no deja posibilidad alguna a los milagros. Además, la libertad de elección humana, esencial para la doctrina cristiana de la salvación, estaba restringida según Aristóteles, para quien la vida del ser humano está en gran parte determinada por la formación que se recibe en la infancia y por condiciones y eventos sobre los que no se puede decidir; por ejemplo, si se nace esclavo u hombre libre, si se posee un cuerpo saludable o no.

No menos polémico fue el problema de la naturaleza del alma. Para Aristóteles esta es la forma y esencia del cuerpo humano, por lo cual no puede tener una existencia independiente del cuerpo. De acuerdo con esto, forma y materia son inseparables, contradiciendo la creencia cristiana en la inmortalidad del alma. En la filosofía aristotélica no es posible un accidente o una propiedad sin una sustancia material, lo cual no solo dificulta entender la idea de un alma sin cuerpo, sino que hace imposible la doctrina de la eucaristía. La transustanciación del pan y el vino en carne y sangre de Cristo va en contravía con la necesidad física de una sustancia material. Aristóteles se convierte así en el objeto de un fuerte debate en el siglo XIII que cambiaría el curso de la ciencia. Veamos en qué consistió este debate y cómo se desarrolló.

Los líderes de la Iglesia empezaron a tomar acciones para prohibir o purgar los planteamientos aristotélicos problemáticos. Las primeras acciones radicales fueron tomadas por el papa Gregorio IX en el año de 1231 y por el papa Inocencio IV en 1245. Ambos buscaron limpiar y corregir la filosofía aristotélica de dichos errores y contradicciones. De ahí en adelante se hicieron varios estudios al respecto, uno de los más famosos es el texto de Giles de Román escrito en el año de 1270, titulado *Errores de los filósofos*. Empero, el punto culminante de este debate ocurrió en 1277, cuando el papa Juan XXI le ordenó al obispo de París, Étienne Tempier, estudiar y resolver estas disputas entre teología y filosofía. Como resultado, el obispo recopiló una exhaustiva lista de errores de la filosofía y condenó 219 proposiciones, muchas de las cuales eran aristotélicas. El papa determinó que quien defendiera alguna de estas sería excomulgado.

Tal condena parece haber tenido un efecto inmediato sobre la autoridad de la Iglesia y, a largo plazo, efectos profundos en la historia de la ciencia. La importancia de este debate y de la condena aristotélica estaba relacionada con la necesidad de una filosofía que tomara distancia de la autoridad aristotélica y que resultara más acorde con la fe cristiana. En contra de las expectativas del lector moderno, es posible argumentar que la defensa del cristianismo, si bien fue un triunfo de la teología sobre la filosofía natural en su momento, tuvo más adelante un visible efecto sobre lo que hemos llamado el surgimiento de la ciencia moderna.

Veamos algunas de las proposiciones prohibidas y de las afirmaciones que parecen defender los aristotélicos y que molestaron a los filósofos cristianos. Se trata de una larga lista de "errores" de índole muy diversa, aquí nos centraremos en algunos conflictos claves. En primer lugar, podemos reconocer una preocupación fundamental por aclarar las relaciones entre la teología y el pensamiento pagano. Como vimos, la filosofía natural, en particular la obra de Aristóteles, formaba parte de los estudios universitarios, pero esto no podía conducir a que la teología perdiera su lugar privilegiado sobre los otros campos del conocimiento. De manera que algunas de las proposiciones se consideraron un error al poner en tela de juicio la autoridad de la teología, entre ellas: "Las discusiones teológicas son basadas en fábulas", "nada se sabe mejor por el hecho de estudiar teología", "los únicos hombres sabios son los filósofos".

Una segunda preocupación que se repite en los enunciados censurados tiene que ver con la omnipotencia de Dios. Ni la naturaleza ni sus leyes, y menos la filosofía natural, pueden poner límites a las capacidades de Dios, por ello se condenaron ideas como "La primera causa, Dios, no puede hacer varios mundos", "Dios no puede generar algo de la nada", "Dios no puede mover los cielos en línea recta porque así se produciría el vacío", "Que Dios no puede producir un accidente sin sujeto" o "Que lo imposible no puede ser hecho por Dios"[1].

Un tercer elemento, en estrecha relación con el anterior, es la creencia en una causalidad natural. La proposición vigesimoprimera va directo al punto, así se señala como error la afirmación: "Que nada ocurre por accidente y que todo ocurre por necesidad y que todos los eventos futuros ocurren por necesidad".

La defensa de estos errores fue castigada con severidad y las condenas tuvieron un efecto inmediato, aunque también auspiciaron la reflexión y la búsqueda de nuevas explicaciones sobre el problema del movimiento, que serían definitivas para la consolidación de la física moderna. Afirmar que la filosofía galileana es una directa consecuencia de las prohibiciones de 1277 y darle a la física moderna un origen teológico puede ser una tesis problemática, pero no hay duda de que los conceptos básicos de la filosofía de Aristóteles fueron objeto de fuertes críticas que condujeron a su debilitamiento mucho antes de Descartes o Galileo. El debate sobre Aristóteles implicó tensiones

[1] "That theological discussions are based on fables", "That nothing is known better because of knowing theology", "That the only wise men of the world are philosophers", "That the first cause [that is God] could not make several worlds", "That God cannot be the cause of a new act [or thing], nor can He produce something new", "That God could not move the heavens [that is, the sky and therefore the world] with rectilinear motion; and the reason is that vacum would remain", "That God cannot make an accident exist without a subject, nor make more [than three] dimensions exist simultaneously", "That the absolutely impossible cannot be done by God [...]". Grant, *Physical Science*, 27-28. Traducción propia.

con la teología y, además, la necesidad de una renovada filosofía natural y una nueva *física*.

Usar aquí el término *física* tiene el gran riesgo de llevar al lector moderno a igualar las discusiones medievales sobre la naturaleza con la concepción que tenemos de la física moderna. Los términos latinos *physica* y *physicus* se derivan del termino griego *physis*, el cual debe entenderse en un sentido amplio. Para Aristóteles, quien tuvo una enorme influencia en este campo, la *physis* o naturaleza de algo, se refiere al conocimiento de las características que determinan el comportamiento de los objetos naturales, y el estudio de la física recoge el estudio de la naturaleza en todas sus manifestaciones[2].

Una primera mirada al listado de proposiciones prohibidas podría verse como una simple e irreflexiva afirmación del dogma cristiano, un simple acto de autoridad, pero al examinar las afirmaciones con algo de cuidado, es evidente que algunas de ellas encierran debates filosóficos profundos con implicaciones sobre la filosofía natural y sobre lo que hoy entendemos como física. Por un lado, está el gran debate sobre la creación del mundo que la filosofía de Aristóteles niega, al argumentar la imposibilidad lógica de la existencia de la nada. Tesis que impide la posibilidad divina de crear varios mundos o de mover el universo. Para que se dé cualquiera de los dos casos, se requiere de la existencia de un espacio sin nada, es decir, aparece la necesidad del vacío. En pocas palabras, el dogma cristiano, al enfrentar la física de Aristóteles, requirió entonces de una alternativa, de una nueva física que admitiera, entre otras cosas, la existencia del vacío, que como sabemos, es un concepto fundamental en la mecánica moderna.

Además del debate sobre la compatibilidad entre la filosofía aristotélica y el cristianismo, algunos comentaristas, ya desde el siglo XII, habían introducido críticas y señalado ciertas dificultades en la física aristotélica. Uno de los más conocidos fue el español de origen musulmán Averroes (Ibn Rushd, 1126-1198). Frente a la conclusión aristotélica de la imposibilidad del movimiento en el vacío, Averroes se preguntó por qué los planetas y las estrellas no presentan movimientos infinitamente rápidos en sus recorridos si en el espacio no hay aire ni un medio que ofrezca resistencia. Como una solución a este problema se desarrolló, entre los siglos XIII y XIV, un nuevo concepto: el de la *resistencia interna*. Este concepto está relacionado con la noción aristotélica de cuerpo mixto o compuesto.

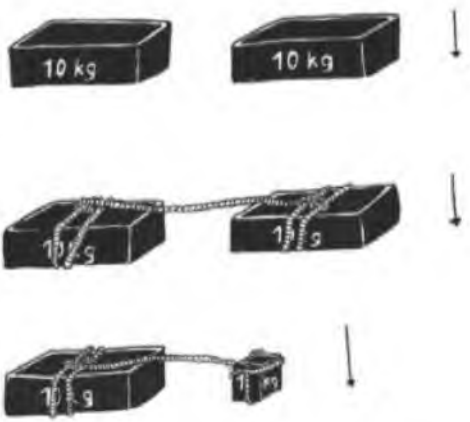
Como vimos, en el cosmos aristotélico, el movimiento natural se explica a partir de la composición de los cuerpos. El aire y el fuego son los elementos livianos, y la tierra y el agua, los pesados. Aunque los diferentes elementos tengan movimientos naturales en direcciones opuestas, estos pueden formar parte de un mismo cuerpo. De manera que se encontrarían tendencias naturales de movimiento en direcciones opuestas y cierto tipo de resistencia inherente.

[2] *Ibid.*, 36-59.

Por ejemplo, en el caso del movimiento natural hacia el centro del universo (caída libre) podría existir una resistencia interna en aquellos cuerpos que tienen un componente de aire o fuego. Este concepto no solo explicaría las diferentes velocidades de los objetos en su movimiento natural, sino que evitaría suponer un movimiento infinitamente rápido en un vacío hipotético.

Sin embargo, con este concepto aparecen algunas dificultades interesantes. Según la física aristotélica podríamos concluir que la velocidad es proporcional al peso e inversamente proporcional a la resistencia del medio. Es decir, un cuerpo dos veces más pesado que otro caería desde una misma altura en la mitad del tiempo. Desde esta perspectiva, tendríamos que preguntarnos qué pasaría si unimos con una cuerda dos cuerpos del mismo peso. ¿El movimiento en caída libre de los dos cuerpos atados tomaría menos tiempo?, ¿la mitad? ¿Qué pasaría si a uno de estos cuerpos le amarramos un trozo mucho más pequeño, digamos una décima parte de su peso?, ¿la unión de estos implicaría una caída más lenta? Así, sin necesidad de experimentos ni mediciones reales podemos ver que la física de Aristóteles conduce a problemas sin solución aparente.

IMAGEN VIII. *Experimentos mentales con objetos en caída libre*



Según Aristóteles dos cuerpos del mismo peso caerían a la misma velocidad. ¿Qué pasaría entonces si los pegamos?, ¿su velocidad aumenta?, ¿se duplica? Aristóteles supondría que un cuerpo de, digamos, un kilogramo, caería a menor velocidad que uno de diez kilogramos. ¿Qué pasaría si los atamos?, ¿la velocidad sería mayor o menor a la del cuerpo de diez kilogramos?

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

A partir de esta idea de resistencia interna, Alberto de Sajonia (1316-1390) argumentó que cuerpos homogéneos —es decir, cuerpos constituidos con la misma proporción de elementos primarios, pero de tamaños distintos y pesos diferentes— caen a la misma velocidad. Ya que la resistencia puede ser entendida como una propiedad de los cuerpos mixtos que se opone al movimiento del compuesto predominante en el objeto, si dos objetos —sin importar su tamaño— tienen la misma composición, deben, en caída libre, comportarse de igual manera en el cosmos.

Un punto crucial en los debates sobre Aristóteles, con implicaciones importantes sobre la física y la cosmología, se generó en torno al problema de la causa del movimiento. Como lo vimos, debemos entender la noción de *motor inmóvil* o de *primer motor* como una causa, pero no tanto una causa eficiente, sino una causa final, identificable, sin mayor inconveniente, con el Dios cristiano. Pero las explicaciones de la causa de movimientos particulares, de cada una de las esferas celestes, conducen a otras preguntas. En el *Timeo*, Platón ofreció una explicación basada en el carácter divino de los planetas, pero en la tradición cristiana no es posible otorgarles carácter divino a entidades distintas a un único Dios. La aparente necesidad de múltiples motores inmóviles, se quiso resolver, pues, con la participación de ángeles en el movimiento de las esferas celestes. Juan Buridán (1300-1358), por el contrario, no vio en esta una posibilidad, ya que no se lee en ninguna parte de las Sagradas Escrituras. Se recurre así a una causa física, un *impetus*, una fuerza análoga a la sugerida para la explicación del movimiento de proyectiles.

Cercano a la idea de *resistencia interna*, pero distanciado de manera radical con respecto a la física de Aristóteles, aparece entonces el concepto de *ímpetus* o impulso. Este término, con en el cual se buscaba explicar cómo se mantenía en movimiento cualquier proyectil después de perder contacto con su fuerza impulsora, fue planteado, precisamente, por Juan Buridán. En lugar de inferir que el motor impulsor imprime una fuerza en el medio manteniendo al proyectil en movimiento, Buridán asumió que el motor imprime la fuerza en el objeto mismo. De esta manera, cuanta más materia tenga un cuerpo, mayor cantidad de *ímpetus* puede recibir y, por lo tanto, puede prolongar su movimiento por más tiempo.

Aunque el concepto de *impetus* parece cercano al concepto de *inercia* de la física moderna, existen varias diferencias que no podemos pasar por alto. En primer lugar, la idea de inercia o *momentum* en Newton expresa cualidades de un cuerpo que se encuentra en movimiento. El *ímpetus*, por el contrario, se ve aún como causa del movimiento. En segundo lugar, ya que la Tierra está inmóvil y ese es su estado natural, el movimiento debe ser entendido como un proceso de cambio —de un lugar a otro— y no como un estado permanente o natural. En tercer lugar, la idea moderna de inercia nos dice que cualquier movimiento que no tenga resistencia será rectilíneo e infinito. En el cosmos aristotélico, el movimiento eterno y perfecto solo puede ser circular,

el movimiento recto es corruptible y está restringido a una región sublunar finita: la tesis de un movimiento infinito en línea recta es imposible. Además, para ello se tendría que asumir la existencia del vacío, como lo hicieron los físicos modernos, concepto impensable e irreal en ese momento. Los únicos cuerpos con movimiento infinito, diría Buridán, son los cuerpos celestes, los cuales, al tener un primer *ímpetus* dado por Dios y no tener resistencia, tendrán un movimiento eterno.

La Tierra inmóvil

Desde la Antigüedad, pensadores como Aristarco de Samos o la escuela pitagórica habían planteado la idea de que la Tierra podría estar en movimiento. El mismo Ptolomeo reconoció que, si asumiéramos como un experimento mental que la Tierra gira sobre su propio eje, se explicarían los movimientos de los astros con bastante éxito. Sin embargo, encontró poderosas razones para mostrar el absurdo que esto implicaría. Iría en contra de nuestro sentido común y de observaciones simples como que las nubes no están en permanente movimiento o que el disparo acertado de una flecha en una Tierra en movimiento sería imposible.

En el siglo XIV, la idea de una Tierra que gira alrededor de su eje fue considerada por pensadores como Nicolás Oresme y Juan Buridán. Este último fue uno de los primeros en buscar argumentos para sustentarlo. Dijo que el movimiento de los astros es relativo y que tanto una cosmología con la Tierra en movimiento como una en la cual estuviera inmóvil explicarían los fenómenos celestes de forma similar. Aunque nos parezca absurdo, podríamos no estar conscientes de tal movimiento. Para explicarlo puso como ejemplo el caso de un pasajero que va en un barco en movimiento y otro que está quieto. Para Buridán, si el pasajero que está en movimiento decidiera imaginar que su barco está quieto, vería al otro barco en movimiento. Lo mismo ocurriría entre los movimientos relativos entre la Tierra y los astros. La Tierra sería el barco que está en movimiento y nosotros los pasajeros que la imaginamos quieta. Como lo veremos más adelante, Galileo retomaría argumentos similares para defender las tesis de Copérnico.

A pesar de estas razones, Buridán se basó en argumentos parecidos a los de Ptolomeo y optó por defender la idea de la Tierra inmóvil. Para él, si la Tierra estuviera en movimiento no se podría explicar por qué, cuando una flecha se lanza hacia arriba, vuelve al mismo punto cuando cae. Si la Tierra se moviera, sostenía Buridán, la flecha se desplazaría una gran distancia al momento de volver a la Tierra. La flecha, al llevar consigo un impulso, rompería con la resistencia que tendría el aire y por lo tanto caería al occidente de su punto de partida.

Juan Buridán (Béthune, ca. 1300-1358)

En latín, Joannes Buridanus, fue un filósofo escolástico francés conocido por sus estudios de lógica y de Aristóteles. En sus comentarios sobre la ética aristotélica, Buridán se enfocó en la cuestión de la voluntad y el libre arbitrio.

Fue autor de trabajos teóricos de óptica y mecánica, y formuló una tesis que explicaba al movimiento violento de Aristóteles, que podría leerse como un antecedente del moderno concepto de inercia. Su idea de *ímpetus*, supone que este es proporcional a la masa y a la velocidad impartida por el agente del movimiento, de manera que se mantiene al móvil en su estado de movimiento sin necesidad de fuerzas o causas externas, con lo cual tomaba distancia frente a los preceptos de la física de Aristóteles y abría el camino a una nueva física en la cual el movimiento natural no requiere de un motor o de una causa. Debido a ello, podemos considerarlo precursor de la cinemática, o ciencia del movimiento, hoy fundamental para la física moderna. Como filósofo, Buridán adoptó una posición nominalista, pero no parte de un lenguaje humano idealizado, lo que marca una diferencia importante entre su pensamiento y el de su maestro Guillermo de Ockham. Perseguido por los realistas, Buridán se retiró por un tiempo a Alemania, donde fundó una escuela. Más tarde enseñó en Viena.

En cuanto a Nicolás Oresme, este desarrolló argumentos bastante similares a los planteados por Buridán. También usó la analogía de los barcos para demostrar la posibilidad de una Tierra en movimiento, pero no estuvo de acuerdo con Buridán en cuanto al argumento de la flecha. Para Oresme, la Tierra, al moverse, lo hacía junto con el aire que la rodeaba, haciendo que nuestra experiencia fuera similar a la del movimiento en la cabina de un barco. Es decir, para él, no existía ni viento ni resistencia del aire, ya que el pasajero, el aire y la cabina van juntos en un solo movimiento. Desde esta perspectiva, la flecha podría ser lanzada de forma vertical y volvería a su punto de origen, ya que el aire no ejercería ninguna resistencia sobre ella.

Con todo, esto no implicaba que la Tierra estuviera en movimiento. Aunque era una teoría viable, para Oresme era imposible concluir, mediante la experiencia, cuál de los dos modelos cosmológicos era el verdadero. Aun así, Oresme también adoptó la visión tradicional de la Tierra inmóvil, y su respuesta final parece sustentarse en la Biblia: "Pues Dios afirmó también el mundo, y no se moverá"[3]. Para él, la razón humana es incapaz de alcanzar

[3] Salmo 92, citado en Lindberg, *Los inicios*, 330.

un conocimiento verdadero del mundo físico. Para Buridán, al igual que para su maestro Guillermo de Ockham, solo la fe nos puede acercar a la verdad absoluta y, en este caso, la tradición indicaba que la Tierra debería estar quieta en el centro del universo.

Buridán y Oresme representan las dos corrientes intelectuales típicas del siglo XIV. El primero consideraba que era necesario explicar los fenómenos, en general, de la forma más plausible. Reconocía los límites de la razón y opinaba que aunque Dios pudo haber hecho cualquier cosa, no deberíamos suponer que así lo hizo. Por otro lado, Oresme, siguiendo de cerca a santo Tomás, afirmó que la física y la razón se encuentran con dificultades que solo pueden ser explicadas por medio de la fe. Los argumentos de la filosofía no son definitivos y conceptos como la existencia de Dios o la creación sobrepasan los límites de la razón. De este modo, la teología logra conservar su lugar privilegiado como ciencia fundamental, a la cual otros campos del conocimiento deben subordinarse.

Aunque Buridán y Oresme optaron por la idea de una Tierra inmóvil, abrieron el debate al plantear argumentos tanto en contra como a favor del movimiento terrestre, algunos similares a los expuestos más tarde por Copérnico o Galileo. A pesar de que no se puede hablar de una completa ruptura con el mundo aristotélico, hemos mostrado suficientes ejemplos para concluir que la filosofía medieval cristiana estuvo lejos de ser una repetición de las doctrinas antiguas y la mayoría de las rupturas que tanto se celebraron en los siglos XVI y XVII tiene importantes antecedentes en el pensamiento medieval[4].

Cuantificación y representación matemática del movimiento

Los debates medievales sobre el movimiento tuvieron desarrollos claves para la física moderna. Tal vez el más notable fue la emergencia de lo que podemos llamar la ciencia de la cinemática, la cual supone no el estudio de las causas sino la representación matemática del movimiento.

Hoy, la aplicación de las matemáticas al problema del movimiento nos parece obvia y no requiere ninguna justificación. Las teorías del movimiento que surgieron con la ciencia moderna son matemáticas por definición, y en la actualidad es inconcebible una aproximación al problema del movimiento sin el uso de cantidades. No obstante, no siempre fue así, y la descripción matemática de fenómenos naturales no fue una respuesta a las preguntas

[4] Para un estudio detallado sobre la influencia medieval en la historia de la ciencia moderna, véase Pierre Duhem, *Theories of Infinity. Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds* (Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1985).

básicas de la filosofía en el mundo antiguo[5]. En la tradición aristotélica, la locomoción o el movimiento, en términos de lugar, era solo un tipo de cambio, entre cuatro tipos posibles: sustancia, cantidad, calidad y lugar, y en ellos se incluían cambios como el de la enfermedad a la salud, del bien al mal o del calor al frío, que no parecen tan medibles o expresables de forma cuantitativa. Empezar a cuantificar los problemas físicos requirió de cambios conceptuales radicales, y es un tema central para entender la física moderna.

Aunque a lo largo del periodo antiguo la descripción de los fenómenos naturales se hizo de una manera más cualitativa que cuantitativa, la matematización de la naturaleza tuvo importantes exponentes, como los pitagóricos, Platón, Euclides, Arquímedes y Ptolomeo, quienes hicieron aportes en esa dirección, en especial en campos como la astronomía, la óptica y la cartografía. Inclusive el mismo Aristóteles realizó algunos esfuerzos por cuantificar el problema de la locomoción, empleando la distancia y el tiempo como medidas de movimiento.

Entre los siglos XIII y XIV, en la Universidad de París y en la Universidad de Oxford, varios estudiosos retomaron este tema y abrieron nuevos horizontes a la matematización de la filosofía natural. Un ejemplo notable es la obra *El libro sobre el movimiento*, escrito cerca de 1260 por Gerardo de Bruselas (Gerardus Bruxellensis), quien sostiene que existen dos formas de estudiar el movimiento de un cuerpo: dar una explicación de los agentes o fuerzas que causan el movimiento, o realizar una descripción del movimiento, sin preocuparnos por la causa. La primera forma —es decir, el estudio de las causas del movimiento— la llamamos *dinámica*, y la segunda —la descripción del movimiento— la llamamos *cinemática*. La importancia del trabajo de Gerardo de Bruselas radica en que inició una tradición que busca explicar el movimiento desde una perspectiva que toma distancia de la tradición aristotélica y el estudio de las causas.

La tradición de Gerardo de Bruselas llegaría a su esplendor en el siglo XIV (entre los años 1325 y 1350), en medio de un conjunto de destacados matemáticos y lógicos asociados con el Merton College de la Universidad de Oxford. Este grupo, que incluía a figuras como Thomas Bradwardine (antes de que fuera nombrado arzobispo de Canterbury), William Heytesbury y Richard Swineshead, hizo explícita la diferencia entre dinámica y cinemática, y desarrolló el marco conceptual y el vocabulario para estudiar el movimiento en términos descriptivos. Así, introdujeron los conceptos de *velocidad* y *velocidad instantánea*, a los cuales se les podía asignar una magnitud determinada. Se establecieron las diferencias entre movimiento uniforme (movimiento con velocidad constante) y movimiento no uniforme (movimiento acelerado), así

[5] Véanse Lindberg, *Los inicios*, 371-388; Marshall Clagett, *Science of Mechanics in the Middle Ages* (Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 1961). Sobre el tema de la cuantificación en la temprana modernidad véase Crosby, *The Measure of Reality*.

como la definición precisa del movimiento uniformemente acelerado, el cual sucede cuando su velocidad tiene incrementos iguales en unidades de tiempo iguales. Algunas de estas nociones se enseñan en los cursos de física básica hoy en día.

Más que recordar los detalles de la cinemática, nos interesa entender la complejidad filosófica de su desarrollo. Es común la idea de que las cualidades o formas existen en diversos grados o intensidades; no hay un único grado de calor o frío, algo puede ser muy caliente, tibio, frío, helado, y así sucesivamente. Del mismo modo, estas cualidades pueden sufrir procesos de incremento, intensificación o disminución. Esta discusión, llevada al terreno de la locomoción, conduce a pensar la intensidad de movimiento en términos cercanos a la noción moderna de velocidad.

Según estos estudiosos medievales era indispensable hacer una diferenciación clara entre la intensidad y la cantidad de una cualidad determinada. Para entender el problema, veámoslo en concreto con el calor. La intensidad que tenemos de calor es la temperatura de un objeto. La cantidad de calor, por otro lado, puede variar así tengamos la misma temperatura. En un galón de agua a diez grados centígrados hay menos calor que en diez galones de agua a la misma temperatura. Si pensamos en el peso de los objetos también encontramos una diferencia similar. La intensidad de peso de un objeto es lo que llamamos densidad, mientras que la cantidad de peso es la masa distribuida en él. De esta manera, si tenemos dos objetos de diferente tamaño que pesan lo mismo, sabemos que la densidad o intensidad de peso del más pequeño es mayor que la del más grande.

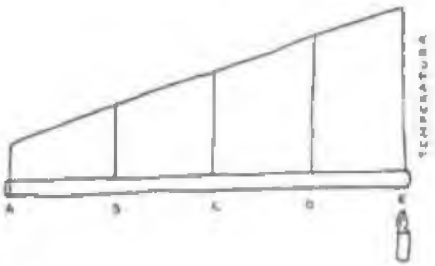
La tradición del Merton College defendió que cualquier cualidad, incluido el movimiento, podría ser investigada tanto en términos de intensidad como de cantidad. Las propuestas originales de la tradición mertoniana fueron promulgadas verbalmente, sin recurrir a formas de representación gráfica. Sin embargo, pronto se transmitieron a otros centros intelectuales europeos donde se empezaron a desarrollar elaborados sistemas de representación geométrica. El caso más significativo, sin lugar a dudas, fue el de Nicolás Oresme, en la Universidad de París. Aunque Aristóteles ya había usado la línea para representar el tiempo y Euclides para representar magnitudes numéricas, se desarrollaron elegantes formas gráficas de representación de la intensidad de una cualidad. Por ejemplo, tomemos el segmento AC de la imagen VII.2. Si el segmento AB representa la intensidad dada de una cualidad, el segmento AC representa el doble de esa intensidad. El siguiente paso crítico fue usar estos segmentos para representar la intensidad de la cualidad en cualquier punto de un cuerpo. Tomemos un tubo AE (véase la imagen VII.3.) cuya temperatura en uno de sus extremos es mayor que en el otro. Si dibujamos una línea que determine la magnitud del calor en diferentes puntos del tubo y si la temperatura aumenta de forma continua entre

IMAGEN VII.2. *Magnitud en una línea recta*

Representación gráfica de una magnitud en una línea recta. El segmento AC representa el doble de la magnitud del segmento AB.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN VII.3. *Intensidad de una cualidad, calor y temperatura*



Las líneas verticales representan la intensidad de una cualidad en un objeto, en este caso, un tubo que tiene una fuente de calor en uno de sus extremos.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

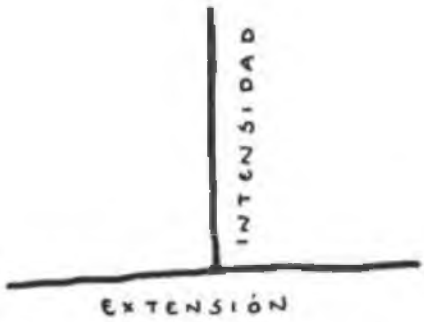
A y E, entonces la magnitud de las líneas verticales también aumentará de manera uniforme[6].

Luego, Oresme haría de este tipo de representaciones algo más abstracto, en las cuales, en vez de un tubo, dibujaría una línea. Con ello generaría un sistema de representación generalizado en el que la línea horizontal representa cualquier objeto y la vertical la intensidad que tiene este de cierta cualidad en un punto cualquiera (véase la imagen VII.4.). Lo que Oresme hizo fue crear una forma de representación geométrica en la cual la forma de una figura representa el cambio de una cualidad.

Pero ¿cómo hacemos la transición del problema de representación de las cualidades en general a la representación del movimiento? Imaginemos

[6] Lindberg, *Los inicios*, 374-378.

IMAGEN VII.4. *Representación de la intensidad de una cualidad*



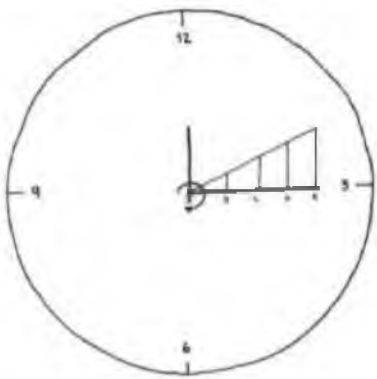
Representación abstracta de magnitudes de intensidad de una cualidad de un objeto. La línea longitudinal representa la extensión de un cuerpo, y la vertical, la intensidad de una cualidad.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

una vara que gira con uno de sus extremos fijos, como las manecillas de un reloj. En este caso, podemos dibujar la vara en posición horizontal de tal manera que cada línea vertical nos indique la velocidad que tiene el objeto en un punto determinado (véase la imagen VII.5.). Si ahora consideramos que un cuerpo se mueve como una unidad, esto es, que todas sus partes tienen la misma velocidad, pero que su velocidad varía con el tiempo, entonces será evidente que se requiere de formas de representación con un mayor grado de abstracción.

Para superar esta dificultad, Nicolás Oresme propuso que la línea horizontal, en vez de representar la extensión del objeto, representara la duración del movimiento (véase la imagen VII.8.). Así, se genera un sistema de coordenadas en el cual el movimiento se ve como una función del tiempo. Oresme, además, nos presenta una serie de configuraciones en las cuales la velocidad se relaciona con el tiempo en términos gráficos. La velocidad uniforme se representa con una figura en la cual todas las líneas verticales son de igual longitud, es decir, con un rectángulo (véase la imagen VII.6.). El movimiento uniformemente acelerado requiere líneas verticales de tamaño variable que crecen de manera uniforme. Por último, tenemos el movimiento de aceleración y velocidad no uniforme que puede mostrarse de manera gráfica con diversas figuras, desde un semicírculo hasta cualquier forma irregular.

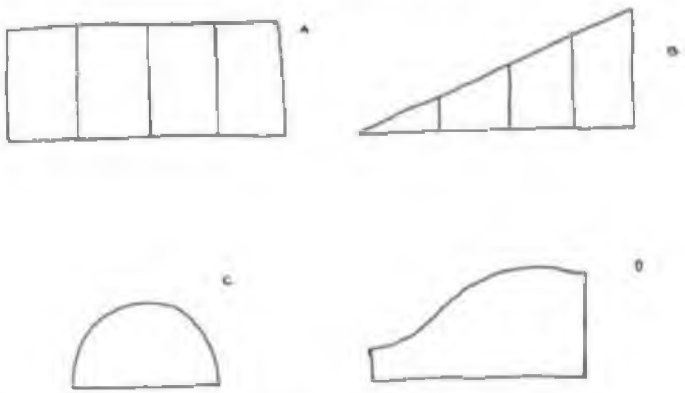
IMAGEN VII.5. *Intensidad del movimiento*



Representación de la intensidad del movimiento (velocidad) en los distintos puntos de una barra que gira sobre uno de sus extremos, como una manecilla de reloj. En el eje la velocidad es cero y se incrementa de forma gradual, cuanto más distante se encuentra del centro mayor es su velocidad.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN VII.6. *Distintos tipos de movimiento*



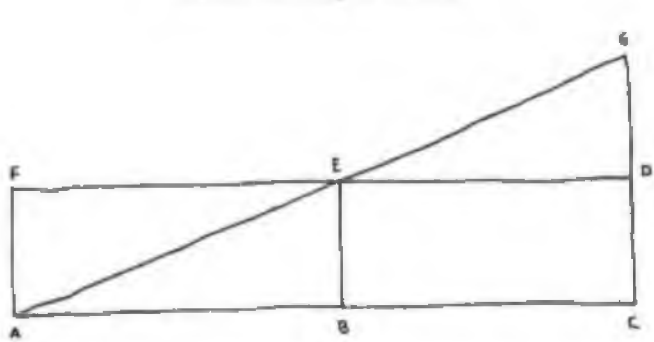
Representación gráfica de distintos tipos de movimiento. A representa el movimiento uniforme; B, el movimiento uniformemente acelerado, y C y D, movimientos no uniformes.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

La ley de Merton o el teorema de la velocidad media

Pero ¿cuál es la utilidad de estas formas de representación abstracta? Oresme y sus seguidores las convertirían en herramientas fundamentales para el desarrollo de importantes teoremas de la cinemática. Entre ellos, quizá el más importante, es el conocido como la ley de Merton. Esta, aunque había sido planteada por los estudiosos del Merton College, con el uso de la geometría fue demostrada de una manera simple y elegante por Oresme. El teorema dice que un cuerpo que tiene movimiento uniformemente acelerado y que cubre cierta distancia en un tiempo dado, cubriría la misma distancia si se moviera por el mismo lapso con una velocidad uniforme igual a la velocidad promedio. Es decir, si un automóvil tiene un movimiento uniformemente acelerado de entre cero y cien kilómetros por hora en un tiempo determinado, entonces recorrería la misma distancia en el mismo tiempo con una velocidad uniforme de cincuenta kilómetros por hora.

Imagen VII.7. *Ley de Merton*



El movimiento uniformemente acelerado puede ser representado por el triángulo ACGA y su velocidad media por la línea BE. El movimiento uniforme que queremos representar está dado por el rectángulo ACDFA, cuya altura es BE. La ley de Merton indica que la distancia recorrida por uno es igual a la distancia recorrida por otro. Como en los diagramas de Oresme, la distancia recorrida se mide según las áreas de las figuras. Podemos demostrar el teorema probando que el área del triángulo ACGA es igual al área del rectángulo ACDFA. Una mirada a las dos figuras nos permite confirmar esto*.

Fuente: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

* Sobre este tema véase Lindberg, *Los inicios*, 378-380.

Para terminar, debemos recordar que la cinemática medieval fue una empresa más que todo abstracta, al igual que las matemáticas puras. Afirmar que un movimiento uniformemente acelerado existe y que por lo tanto la ley de Merton es aplicable, se hace de manera hipotética y ningún estudioso de la Edad Media hubiera encontrado la forma de ponerla a prueba en el mundo real. Los monjes medievales, al igual que muchos de los filósofos pertenecientes a la tradición griega no fueron empíricos, por el contrario, fueron más bien matemáticos y lógicos.

Capítulo VIII
EL ISLAM Y LA CIENCIA EN EL MEDIO ORIENTE

El islam en la historia de Occidente

Nuestra visión de la historia de la ciencia moderna se suele vincular con una cronología que se remonta a los griegos, tiene una época oscura en la Edad Media y una más o menos espontánea resurrección en la Europa occidental del siglo XV, hasta llegar a su consolidación en la Ilustración. Esta concepción de la historia ha sido posible porque el Renacimiento, al igual que la Ilustración, se han descrito como empresas europeas, ignorando lo que ocurrió en buena parte del mundo y la influencia sobre la Europa moderna de los saberes y culturas de otros continentes. Esta es una historia que con el paso del tiempo deja ver más y mayores vacíos, y la necesidad de una nueva narración menos centrada en los confines de la Europa occidental. Tal vez uno de los más notables vacíos se refiere a la historia de la ciencia en el mundo árabe, la cual constituye un capítulo de la historia global que en el mundo cristiano hemos ignorado o menospreciado sin vergüenza.

Una de las obvias dificultades para la mayoría de los historiadores de la ciencia occidental es nuestra ignorancia de las lenguas en que se escribieron tratados científicos y filosóficos en el mundo árabe. El mismo ejercicio de traducción ya es problemático, y al poner en castellano o en otras lenguas occidentales los términos de la ciencia, filosofía y religión árabes ya estamos perdiendo algo de su riqueza y especificidad. La astronomía de la que nos ocuparemos aquí, por ejemplo, se llamó *ilm al-hay'a* (ciencia de la configuración del mundo), aunque nosotros nos referimos a ella como *astronomía árabe*[1]. El problema no es solo lingüístico, forma parte de una tradición que sin mayores reparos ha querido ver la historia centrada únicamente en los logros de algunos pueblos europeos.

En 1883 Ernest Renan afirmó: "[...] el gran conjunto filosófico que acostumbramos llamar árabe, porque está escrito en la lengua árabe, [...] sería más exacto decir griego; pues el elemento verdaderamente fecundo de todo

[1] George Saliba, prefacio a *Islamic Science and the Making of the European Renaissance* (Cambridge y Londres: The MIT Press, 2007), VIII.

esto proviene de Grecia [...] Grecia era la fuente única del saber y del correcto pensamiento"[2].

A comienzos del siglo XX el conocido historiador de la ciencia Pierre Duhem escribió: "No existe ciencia árabe (islámica), los hombres sabios del mahometismo eran siempre los discípulos más o menos fieles de los griegos, pero por sí mismos carecían de toda originalidad"[3].

Afirmaciones como estas no solo son el resultado de la ignorancia y del eurocentrismo cultural del que somos herederos, sino también de nuestra fuerte convicción de que existe una única ciencia, verdadera y positiva, que es el resultado de una historia lineal, cuya cuna está en la Grecia clásica y alcanza su máximo desarrollo en la Europa occidental del siglo XVIII.

El triunfo del cristianismo, como ya mencionamos, se ha identificado con un periodo de oscurantismo, en el cual la filosofía natural se opacó al convertirse en sierva de la teología y la religión. Esta idea de una relación antagónica entre la filosofía y la religión, tan familiar en nuestras historias de la ciencia occidental —y hoy suficientemente matizada— se trasladó a la ciencia árabe con idénticos supuestos, según los cuales, la religión es incompatible con el conocimiento y que, por lo tanto, el dogma musulmán ha sido un obstáculo para el desarrollo de un verdadero conocimiento.

Algo similar se puede ver en la concepción que tienen pensadores e historiadores árabes de las relaciones entre ciencia y religión en Occidente. Cuando el historiador persa del siglo X, Al-Nadīm, se refirió a las relaciones entre la ciencia islámica y el cristianismo, señaló que una vez los romanos adoptaron el cristianismo como su religión, prohibieron la filosofía, y así explicó por qué el islam fue un espacio más fértil para la filosofía que el mundo cristiano[4].

Si hoy reconocemos en la historia occidental una relación mucho más compleja entre ciencia y religión que la clásica dicotomía entre fe y razón, la misma complejidad debe ser reconocida entre el islam y la ciencia. La religión, en el caso del islam —y como defendemos a lo largo de este libro, también en Occidente—, tuvo una estrecha relación con la filosofía que no ha sido siempre negativa y en la que, con frecuencia, lo religioso ha sido un claro estímulo para el desarrollo del conocimiento. Muchas veces lo olvidamos, pero la idea misma de un Creador racional que ha compartido su inteligencia con los humanos es lo que ha hecho posible la comprensión humana del orden natural. En particular, en las tradiciones monoteístas, como lo vimos con el cristianismo, un único Dios es la fuente de una única verdad, y

[2] Citado en Paul Benoît y Françoise Micheau, "¿El intermediario árabe?", en Serres, *Historia de las ciencias*, 175.

[3] Citado en Lindberg, *Los inicios*, 227.

[4] Saliba, *Islamic Science*, 41-42.

un único Creador inteligente y racional es el autor de un mundo que obedece a un orden racional.

Al igual que en Occidente antes del siglo XVIII, en el mundo árabe no tiene mucho sentido buscar una filosofía o una cultura secular, lo cual no quiere decir que no exista una tradición filosófica y científica robusta, compleja y poderosa. La preocupación por un fundamento filosófico de la fe, la consistencia entre la filosofía y la religión, no es un tema exclusivamente cristiano. Los grandes debates astronómicos árabes, como en el mundo cristiano, fueron debates en buena medida sobre Aristóteles y entraron en una dimensión filosófica mayor que no puede separarse de lo religioso.

La visión "clásica" occidental de la ciencia árabe parte entonces del supuesto de una carencia de ciencia propia y de una relación con la filosofía que se reduce a la asimilación del conocimiento de otras culturas más antiguas. La recepción y traducción árabe de textos griegos es sin duda importante, pero la tesis de una cultura árabe pasiva que recoge y repite saberes de otras culturas antiguas, occidentales y orientales, es una visión estrecha y empobrecida de la historia[5].

Antes de examinar algunos temas específicos de la ciencia árabe, nos será útil recordar algunos elementos básicos de la cultura islámica y su relación con Occidente.

En el siglo VI nace en La Meca el profeta Mahoma, y desde allí predica la nueva religión del islam. Mahoma tuvo una serie de revelaciones en las que el Corán (libro sagrado del islam) le fue dictado por el ángel Gabriel. De manera análoga a la tradición cristiana, el tema central de la cultura islámica es la existencia de un único Dios, omnipresente y omnisciente, Alá, al que sus fieles (musulmanes) deben someterse. El Corán fue la fuente de la teología, la moral, el derecho y la cosmología en el islam, y por lo tanto, fue central en la educación. Sirvió, además, para codificar y estandarizar el árabe como una lengua escrita.

En el año 632, a la muerte del profeta Mahoma, el islam unificó todo el oeste de la península arábiga. Este sería el comienzo de una expansión geográfica inmensa, con la cual los árabes lograron apoderarse de todo el Oriente Medio, de la costa norte de África y de gran parte de la península ibérica en menos de un siglo. Para principios del siglo IX, los árabes se habían asentado en todo este territorio y la religión islámica había logrado unificar a casi todos los pueblos que se encontraban en él.

El control de un imperio que reúne pueblos y culturas diversas de lugares tan distantes supone transformar una aristocracia guerrera en un Estado

[5] Una interesante mirada a la historia de la ciencia y la filosofía en el islam, tal y como lo ha mostrado George Saliba, es considerar con atención fuentes árabes de su propia historia, la cual, no nos debe sorprender, tiene grandes diferencias con la versión clásica de Occidente. Una fuente de enorme interés es Al-Nadīm (quien murió en el año 995), fue un librero e historiador persa, véase Saliba, *Islamic Science*.

centralizado que requiere una burocracia eficiente. En otras palabras, el gobierno de un imperio de tales dimensiones exige una enorme cantidad de conocimiento: una lengua y un calendario comunes, mapas, comercio, unidades de medida, medicina y, no menos importante, un único credo.

Una de las consecuencias de la expansión del islam —y que es indispensable en todo gran imperio— fue la aparición de una lengua común, tanto para fines religiosos, como políticos y legales. Así, la lengua árabe se convirtió en el común denominador de una cultura que se propagó de manera vertiginosa. Además, de modo similar a lo ocurrido en el mundo cristiano, la fe del islam requirió conocer a sus adversarios paganos y darles un fundamento racional a sus verdades de fe. Esto se hizo posible en un ambiente cosmopolita como el que se vivió en centros urbanos como Bagdad.

En el año 762, Al-Mansur (712-775) consolidó una nueva capital a orillas del río Tigris: Bagdad, en su corte se cultivó una élite intelectual que se alimentó de la filosofía griega y vio la necesidad de formar administradores idóneos para un Estado centralizado. Se trataba de una burocracia que se nutría no de guerreros sino de persas educados. En ese entonces se despertó el interés por traducir obras griegas y siriacas al árabe. Más tarde, en Bagdad, Al-Ma'mum (813-833) fundó la Casa de la Sabiduría. Bajo la dirección de Hunayn ibn Ishaq (808-873) se estimuló la traducción de la filosofía griega. Hunayn era nestoriano y cristiano, y conocía bien el griego, el árabe y el siriaco. Con la colaboración de familiares, Hunayn tradujo tratados de medicina de Galeno e Hipócrates; algunos diálogos de Platón, incluido el *Timeo*; varias obras de Aristóteles, al igual que una versión siriaca del Nuevo Testamento. Su hijo, Ishaq, tradujo otras obras de Aristóteles, los *Elementos* de Euclides y el *Almagesto* de Ptolomeo. Con Hunayn y quienes lo siguieron, Bagdad se convirtió en un gran centro de traducción de obras griegas, tanto al siriaco como al árabe. Algunos se refieren a estos hechos como la helenización del islam, pero este no fue un proceso pasivo de imitación o simple traducción, esta labor intelectual, desde el comienzo, supone una actitud reflexiva, muchas veces crítica y original.

La apropiación islámica de tradiciones filosóficas de otras culturas fue un acontecimiento de la mayor importancia en la historia del conocimiento en el mundo árabe y en Occidente. Se trató de un esfuerzo colosal y de uno de los movimientos intelectuales más importantes en la historia de la humanidad, sin el cual no podríamos imaginar la consolidación de las tradiciones científicas de la Europa moderna[6].

El gigante cometido del Estado islámico por recopilar, preservar, estudiar y hacer uso de saberes de procedencia diversa dejó una importante lección

[6] Jamil Ragep, "Islamic Culture and the Natural Sciences", en *The Cambridge History of Science 2: Medieval Science*, editado por David Lindberg y Michael Shank (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 34-61.

para la historia de la ciencia. Difícilmente podemos encontrar en la historia del conocimiento un momento y un lugar de mayor fertilidad, lo cual es una clara consecuencia de la capacidad de asimilación de tradiciones filosóficas griegas, indias, persas e incluso egipcias. Es común en Occidente suponer que el estudio de la cultura egipcia es un tema europeo del siglo XIX, con episodios emblemáticos como el caso de Jean-François Champollion, conocido por ser el primero en descifrar la escritura jeroglífica en la famosa piedra de Rosetta; sin embargo, los árabes, muchos siglos antes, ya habían descifrado y estudiado la escritura egipcia.

De manera que en manos de una comunidad comprometida con el desarrollo de conocimientos al servicio del imperio no solo se conservaron y difundieron los saberes de otros, sino que se produjeron avances de trascendental importancia. Las traducciones de textos filosóficos de otras culturas a lenguas árabes tuvieron dos fuentes principales: Persia e India, en el oriente, y, en el occidente, la Grecia helénica, siendo esta última en la que recaería un mayor interés con el paso del tiempo. Todo lo anterior supone una amplia gama de conocimientos: desde lógica y metafísica, hasta astronomía, matemáticas, geografía, historia natural y medicina.

Textos griegos de gran importancia, como el *Almagesto* de Ptolomeo o los *Elementos* de Euclides, fueron traducidos al árabe más de una vez en el siglo IX. La traducción es en sí misma una empresa compleja de apropiación y supone conocimiento, capacidad de adaptar las ideas al propio contexto, pero además, en el mundo islámico, trajo consigo una mirada crítica de los clásicos, en particular de los griegos. En otras palabras, fue una actividad filosófica creativa y original.

La ciencia nunca es un producto de generación espontánea, forma parte de tradiciones, y la incorporación de otras maneras de pensar es siempre fructífera. Sin la existencia de un trabajo previo, de una comprensión adecuada de los problemas y un interés por los mismos asuntos, habría sido imposible la adopción del sistema decimal de la India, de fracciones decimales, el desarrollo de una nueva álgebra o la práctica de una astronomía sofisticada. En el caso de los instrumentos de observación, tampoco tiene sentido suponer que este intrincado desarrollo y la precisión en las observaciones fueran una simple repetición o imitación. La precisión de las observaciones astronómicas no se improvisa ni emerge de manera espontánea, requiere de una lenta evolución y de prácticas que forman parte de la tradición islámica. Los árabes, en su estudio y traducción de los griegos, se preocuparon por corregir sus errores (un caso de enorme importancia en astronomía es el de Ptolomeo); pero su mirada crítica y sus propias necesidades fueron más lejos, y los condujeron a la creación de nuevos campos de conocimiento como el álgebra y la trigonometría.

Al igual que los cristianos, los árabes no quisieron acabar con la filosofía griega. No fue su intención crear una filosofía propia e independiente, sino,

más bien, construir sobre las tradiciones griegas unas ciencias naturales y una teología acordes con sus prioridades, tanto políticas como religiosas. Entonces, la mirada crítica de la filosofía griega no se limita a los debates cristianos del siglo XIII (véase en el capítulo VII la breve exposición de las prohibiciones de 1277) y menos a los pensadores modernos del Renacimiento. En el siglo XII, Bagdad, El Cairo y Toledo fueron poderosos centros de acopio y producción de nuevos conocimientos.

Muy lejos del alcance de este libro está hacer un recuento de las muchas áreas de desarrollo científico en el islam, como son las matemáticas, la alquimia, la medicina, la óptica y la astronomía. Nos limitaremos, a modo de ilustración de lo que ocurrió en varios campos, a ofrecer una mirada más cercana a los desarrollos realizados en matemáticas, astronomía y medicina en el mundo árabe.

Matemáticas

En el siglo IX de nuestra era, Al-Khwarizmi escribió una aritmética basada en la numeración decimal de origen indio. El paso de los números indios a Europa siguió el camino árabe y, por esta razón, a nuestra manera de escribir los números la llamamos arábica. El sistema decimal y la nomenclatura que conocemos como arábica es parte fundamental de nuestra cultura científica, y tal vez sorprenda al lector que su uso se generalizó en la Europa cristiana solo hasta el siglo XV con la llegada de la imprenta. Las ventajas de este sistema parecen hoy obvias, y una simple multiplicación de más de dos dígitos con números romanos nos parecería en la actualidad una tarea en extremo engorrosa.

La obra de Al-Khwarizmi es un ejemplo de la importancia de estos procesos de asimilación, traducción y estudio de tradiciones diversas, y una de las grandes deudas que tiene el mundo occidental con el mundo árabe está en el terreno de las matemáticas. Una deuda que no solo se debe a su estudio y difusión de conocimientos en geometría y matemáticas provenientes de Grecia y de la India, sino por sus propios y notables desarrollos. Efectivas técnicas de cómputo y medición eran una obvia necesidad práctica del imperio, pero no fueron pocos los autores que dejaron obras de la mayor importancia para la historia de las matemáticas en niveles teóricos, que hoy forman parte esencial de la historia de las matemáticas puras y aplicadas en la tradición occidental. Además de la explicación de la numeración decimal, también desarrollaron el uso de fracciones basado en un sistema sexagesimal, como el que usamos hoy en la medición de los minutos y segundos, y en la medición de ángulos.

Al-Khwarizmi fue también un punto clave en los orígenes del álgebra. Como hemos dicho, el interés en las matemáticas en el islam tiene una

explicación práctica, eran necesarias para el cómputo en el terreno comercial, la repartición de herencias, la astronomía con sus múltiples aplicaciones en la vida diaria e incluso religiosas (como para la precisa ubicación de La Meca), para la cartografía, la óptica y otras ciencias mecánicas. En la obra de Al-Khwarizmi apreciamos un nivel mayor de abstracción, en el que el razonamiento matemático no se limita a cálculos con cifras numéricas específicas, sino que hace uso de ecuaciones generales con el empleo de letras, lo que hoy, en honor al gran matemático persa, llamamos *algoritmos*. Esta es una poderosa herramienta de análisis matemático sin la cual no tendríamos nada cercano a la ciencia moderna. Este gran salto en el razonamiento matemático es en buena parte la consecuencia de poder entender y articular tradiciones matemáticas griegas e indias.

Mohammed Ibn Musa Al-Khwarizmi (780-850)

Posiblemente de origen persa, fue uno de los pensadores más importantes de la famosa Casa de la Sabiduría de Bagdad. Hacia el 820 fue llamado a esta ciudad por el califa abasida Al-Ma'mum. En este poderoso centro de acopio Al-Khwarizmi tuvo el privilegio de conocer de primera mano tratados griegos e indios sobre matemáticas, astronomía, astrología y geografía. Entre sus trabajos más conocidos se destacan sus *Tablas astronómicas*, basadas en conocimientos de los indios. Incluyen algoritmos para calcular fechas y las primeras tablas conocidas de las funciones trigonométricas seno y cotangente. Gracias a las posteriores traducciones al latín, su obra es hoy una referencia obligada en cualquier historia de la ciencia moderna. De su aritmética se conserva la versión latina, *Algoritmi de numero indorum*, del siglo XII. En esta obra describe en detalle el sistema indio de numeración posicional con base 10, y la manera para hacer cálculos con él. Sus escritos fueron definitivos para la introducción de este sistema de numeración en el mundo árabe y en Europa. Reconociendo las fortalezas de pensadores griegos e indios, fue autor de tratados prácticos para resolver problemas cotidianos, como las reparticiones de herencias. La claridad de sus explicaciones hicieron su obra accesible a inexpertos y fue de amplia difusión dentro y fuera del mundo árabe. La simplicidad y claridad de sus razonamientos matemáticos suponen un gran nivel de abstracción y no sin razón se le conoce como el padre del álgebra moderna.

Astronomía

Con frecuencia se han señalado motivaciones religiosas para explicar el interés árabe en asuntos científicos. El caso de la astronomía, es cierto, guarda una relación con los requerimientos islámicos de conocer con precisión la dirección en la cual se encuentra La Meca para dirigirse hacia allí con exactitud durante los rezos, cinco veces al día, y hacer una peregrinación en esa dirección una vez en la vida. Un conocimiento preciso de la ubicación de La Meca, al parecer un tema simple, supone enfrentar problemas complejos en la esfera terrestre y tener una idea precisa del tamaño de la Tierra.

La astronomía, vale la pena recordar, es más que una herramienta de ubicación geográfica, es parte esencial de la cultura por muchas razones. Permite la consolidación de calendarios, formas precisas de medir el tiempo, la capacidad de prever la estación justa para sembrar o identificar el momento adecuado para realizar celebraciones religiosas. No menos importante, la geografía y la cartografía, como las entendemos hoy, requieren de la aplicación de conocimientos astronómicos. Tampoco debemos olvidar la estrecha relación entre astronomía y astrología, y su capacidad de predecir eventos futuros, vinculados con el clima y las estaciones y, por lo mismo, en estrecha unión con la agricultura y las necesidades básicas. Los astrólogos, al igual que en otras culturas, desempeñaron un papel prominente en el islam.

La astronomía es sin duda un buen ejemplo para entender las relaciones entre el mundo griego, el islam y la ciencia de los cristianos. Una larga tradición de astrónomos árabes no solo tradujo y estudió a los clásicos griegos, Ptolomeo en particular, sino que los ajustaron, corrigieron y mostraron sus limitaciones. Tenemos por ejemplo el caso de Al-Farghani († ca. 861), quien escribió un manual de astronomía ptolemaica de amplia difusión en el mundo islámico y cuya versión latina circuló en el mundo cristiano medieval. En la corte de Bagdad, no pocos astrónomos se ocuparon con diligencia de mejorar las nociones y cálculos ptolemaicos, tales fueron los casos de Tabit ibn Qurra († ca. 901) y Al-Battani († 929).

Los árabes pudieron poner en marcha medios de cálculo y de observación más potentes que los griegos, siguieron tradiciones indias como la numeración decimal o la trigonometría, construyeron sofisticados observatorios e instrumentos, asimismo, produjeron complejas tablas astronómicas de amplia difusión en Occidente, cuya precisión solo sería igualada por Tycho Brahe en el siglo XV[7].

Las correcciones del *Almagesto* en temas muy técnicos y puntuales, como la declinación de la eclíptica, supone astrónomos muy competentes, tanto o

[7] Véase Lindberg, *Los inicios*, 229-30.

más que el mismo Ptolomeo. Las observaciones que permitieron determinar la inclinación de la eclíptica en 23,3° en la primera mitad del siglo IX, medición que no coincide con la del *Almagesto* de Ptolomeo ni con las fuentes indias, no pudo haber sido el trabajo de astrónomos neófitos. El hecho de que sean mediciones válidas hasta el día de hoy es una muestra del ingenio y cuidado de las observaciones de los astrónomos árabes del siglo IX, quienes con su trabajo continuo de mejoramiento de las técnicas y los instrumentos lograron un cúmulo de observaciones muy precisas[8]. Sin embargo, las objeciones a Ptolomeo no se limitaron a la precisión de las mediciones, este también fue objeto de una fuerte crítica y debates de carácter epistemológico, conceptual y cosmológico.

La lectura de la obra de Claudio Ptolomeo en conjunto, como la hicieron los astrónomos árabes, revela contradicciones fundamentales. Los dos trabajos astronómicos más conocidos de Ptolomeo son el *Almagesto*, en el que se presenta una detallada descripción de un modelo geométrico que da cuenta del comportamiento de los planetas alrededor de la Tierra, e *Hipótesis planetarias*, texto en el cual se encuentra una descripción detallada de las esferas celestes que eran, en un sentido aristotélico, responsables del movimiento de los planetas. La lectura atenta de su obra, con intereses tanto prácticos como filosóficos, hizo evidente que Ptolomeo había violado uno de los más importantes supuestos de la cosmología griega: el movimiento circular y uniforme de los planetas alrededor de la Tierra como centro fijo del universo. En pocas palabras, lo que aquí se hace ostensible es una contradicción entre el modelo matemático y complejo de Ptolomeo y la física de Aristóteles (véanse los capítulos III y IV), un gran problema de la cosmología que se ha llamado aristotélico-ptolemaico. La astronomía árabe fue entonces, en buena medida, una sofisticada crítica al modelo griego.

Uno de los textos más populares dedicados a la crítica de Ptolomeo es *Al-Shukuk ala Batlamyus*, en latín, *Dubitationes in Ptolemaeum*, de Ibn Al-Haitham, conocido en el mundo latino como Alhacén († ca. 1040), quien concluye:

> Con el conocimiento que tenemos demostrado es ahora evidente que las configuraciones propuestas por Ptolomeo para explicar el movimiento de los cinco planetas son falsas, y el movimiento de estos planetas debe tener una configuración correcta, con un movimiento uniforme, perpetuo y continuo, sin presentar contradicciones o dejar dudas. Esta será una configuración distinta a la propuesta por Ptolomeo[9].

[8] Saliba, *Islamic Science*, 20.

[9] "Then it became clear, from all that was demonstrated so far, that the configuration, which Ptolemy has established for the motion of the five planets, was a false configuration, and that the motions of these planets must have a correct configuration, which included bodies moving in a uniform, perpetual and continuous motion, without having to suffer any contradiction, or

Con total claridad y contundencia, más de cuatrocientos años antes de Copérnico, astrónomos árabes estaban inconformes, con justas razones, con el modelo de Claudio Ptolomeo para explicar la estructura del cosmos. Dichas objeciones, además de sustentarse en detalles técnicos, iban a un punto fundamental: el reclamo de consistencia entre la realidad física del mundo en el que vivimos y su representación matemática. Ibn Al-Haitham encontró en la obra de Ptolomeo contradicciones insuperables, ya que supuso trayectorias planetarias imaginarias e incompatibles con la realidad, es decir, falsas. Es claro que la astronomía árabe tomó su propio rumbo, y el principio de consistencia entre los modelos matemáticos y el mundo físico fue una denuncia epistemológica mayor, que implicó la necesidad de una nueva astronomía y de una nueva ciencia. No fue Al-Haitham el único astrónomo árabe que criticó el modelo clásico griego. Nasir al-Din al-Tusi († 1274) autor del teorema matemático Tusi Couple hizo objeciones similares al modelo ptolemaico. Astrónomos andaluces como Ibn Baja (conocido como Avempace, † 1138), Ibn Tufayl († 1185), Ibn Rushd (conocido como Averroes, † 1198) y Al-Bituji († ca. 1200), cada uno a su manera, expresaron su inconformidad con el modelo ptolemaico.

Averroes, tal vez más célebre por sus trabajos sobre Aristóteles, y por ser uno de los más importantes comentaristas de la obra del filósofo griego, fue contundente en su rechazo de la astronomía de Ptolomeo: "Proponer esferas excéntricas o epiciclos es contrario a la naturaleza [...] las órbitas en epiciclos no son posibles porque los cuerpos que se mueven en círculos lo deben hacer alrededor del centro del universo y no por fuera de este". Y más aún, concluyó que "La ciencia de la astronomía de nuestro tiempo no se ocupa de lo que realmente existe, más bien se conforma con el cálculo sin incluir la realidad"[10].

Las críticas a Ptolomeo tienen dos frentes principales: el problema de la precisión de las observaciones que fueron cada vez más refinadas, y la fundamental contradicción entre la física de Aristóteles y las esferas excéntricas y los epiciclos que requieren su modelo geocéntrico. El movimiento del Sol, la Luna y los planetas que siguen órbitas cuyo centro no es la Tierra (esferas excéntricas), y la necesidad de que estas giren a su vez sobre otras órbitas (epiciclos), es imposible en términos aristotélicos. La identificación y denuncia de estas contradicciones conllevó la detallada revisión de los escritos de

be blemished by any doubt. That the configuration must be other than the one established by Ptolemy". Citado en Saliba, *Islamic Science*, 100. Traducción propia.

[10] "To propose an eccentric sphere or an epicyclical sphere is an extra-natural matter [...] the epicyclical sphere is impossible, for the body that moves in circular motion has to move around the center of the universe and not outside it", "The science of astronomy of our time contains nothing existent, rather the astronomy of our time conforms only to computation, and not to existence". Citado en Saliba, *Islamic Science*, 179. Traducción propia.

Ptolomeo, y una cuidadosa lectura de Aristóteles, que tuvo lugar no solo en el campo de la astronomía.

El debate perduraría hasta el siglo XV y podemos reconocer un cúmulo de correcciones y críticas, debates sobre soluciones alternativas a muchas dificultades del sistema ptolemaico. Con dificultad, un astrónomo competente, conocedor de la tradición árabe, podría en el siglo XV haber defendido la veracidad del modelo. Este solo ejemplo hace evidente que la tradición árabe estuvo muy lejos de limitarse a conservar la ciencia griega, la encontró útil hasta cierto punto, pero también la hizo obsoleta y mostró la necesidad de sustituirla.

Es entonces necesario, en este punto, referirnos a la relación de la astronomía árabe con Copérnico. El hecho de que la astronomía aristotélico-ptolemaica haya sido objeto de un prolongado debate y serias objeciones antes de Copérnico parece haber sido menospreciado o ignorado por los no pocos historiadores de la revolución copernicana. Hoy, los expertos en Copérnico, si bien en general no tienen por qué ser expertos en astronomía árabe, deben enfrentar la obvia relación de la *Revolución de los orbes celestes*, publicada en 1543, con elementos de la astronomía árabe. Los expertos se debaten sobre las posibles conexiones directas de Copérnico con la astronomía árabe, lo cual no es una tarea sencilla. Por un lado, no hay evidencia de que Copérnico pudiera leer el árabe, y no era costumbre en el siglo XV que los autores hicieran un reconocimiento riguroso de sus fuentes. En 1957, por ejemplo, Otto Neugebauer se encontró por accidente con un texto de Ibn al-Shatir, conocido astrónomo de Damasco (1375), y se sorprendió al ver que el modelo lunar de Al-Shatir era idéntico al de Copérnico, lo cual genera muchas preguntas y dudas que no corresponden con una versión de la revolución copernicana como un fenómeno puramente europeo[11].

Sabemos que entre los libros que el alumno y colaborador de Copérnico Georg Joachim Rheticus alguna vez le presentó a su maestro estaba un tratado de matemáticas de Peter Apian. En ese mismo volumen, y por primera vez impreso, se incluía la traducción al latín hecha por Gerardo de Cremona de un tratado de astronomía del siglo XII, escrito por el matemático musulmán Jabir ibn Aflah (Geber). La obra se tradujo como *Tratado para la reforma del Almagesto* y, como su título lo indica, presenta serias objeciones al trabajo de Ptolomeo[12].

No es el objeto de este capítulo penetrar en los detalles sobre las fuentes de Copérnico en la astronomía árabe, que son hoy objeto de estudio. Por ahora nos es suficiente reconocer que la astronomía ptolemaica estuvo por largo tiempo bajo la crítica de una sofisticada tradición astronómica, que sí

[11] Saliba, *Islamic Science*, 196.

[12] Véase Lisa Jardine, *Worldly Goods: A New History of the Renaissance* (Londres y Nueva York: W. W. Norton & Company, 1996), 363.

bien tiene un origen árabe, es innegable, influyó en la ciencia occidental en los tiempos de Copérnico y, de una u otra manera, forma parte importante de la llamada revolución copernicana.

Copérnico es en más de un aspecto una figura compleja, y su obra se nutre de elementos filosóficos, técnicos y estéticos de diversas fuentes, entre las cuales desempeña un papel importante la astronomía árabe. La muy arraigada idea de la *revolución copernicana* ha facilitado imaginar un gran giro que surge de un pensador solitario que derrumba un antiguo paradigma. Thomas Kuhn ha hecho mucho bien a la historia de la ciencia, pero su noción de *revolución científica* y en particular su idea de la *revolución copernicana* como la repentina sustitución de paradigmas obsoletos parecen hoy menos útiles que su idea de *ciencia normal*[13]. En la actualidad se consideran más realistas las narraciones que muestran procesos prolongados y colectivos en los cuales, de manera gradual, se crean nuevas formas de representar el mundo. En estos procesos de cambios progresivos es crucial la creciente precisión y la acumulación de datos y observaciones estandarizadas. Ello supone la construcción y el uso de instrumentos. Los árabes, una vez más, hicieron aportes definitivos a la astronomía en ese sentido.

Instrumentos de observación y la búsqueda de precisión

Cada vez es más evidente la importancia de prácticas artesanales, saberes técnicos y la fabricación y uso de aparatos, en particular instrumentos de observación y medición, en toda la historia de la ciencia moderna. Una de las características que hace de la astronomía árabe un capítulo central en la historia de la ciencia fue su creciente y sofisticado nivel de precisión, el cual fue inseparable de una sofisticada tradición en la manufactura y el uso de instrumentos de observación, como el astrolabio o los relojes solares.

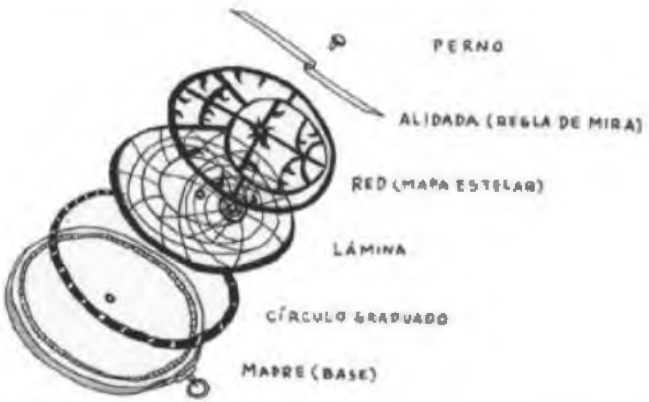
A manera de ejemplo, y por su importancia en la historia de la astronomía y de la navegación, nos ocuparemos del astrolabio. Como suele ocurrir con la historia de innovaciones tecnológicas mayores o invención de aparatos, resulta difícil, si no imposible, identificar un momento y un único inventor. Algunas versiones del astrolabio fueron, al parecer, usadas por astrónomos griegos, y es muy posible que Claudio Ptolomeo empelara este tipo de aparatos. Sin embargo, su desarrollo más notable tuvo lugar en el mundo árabe.

[13] Para Kuhn, la historia de la ciencia se caracteriza por prolongados periodos de *ciencia normal*, en la cual un modelo o paradigma es suficiente para explicar o responder a las preguntas de un campo del conocimiento, en un momento de la historia; sin embargo, los paradigmas acumulan dificultades y entran en crisis, así se da paso a una revolución científica, que es un cambio de modelo o de paradigma. El caso emblemático de la idea de revolución científica, para Kuhn, es justamente la revolución copernicana en el siglo xvii.

Los astrolabios varían en complejidad, pero en general se trata de un instrumento de observación portátil que se compone de un círculo graduado y una regla de mira (*alidada*), que gira sobre un perno, y con la cual, sobre el círculo graduado, se puede medir la altura en grados de un objeto o de un cuerpo celeste sobre el horizonte. Además, los astrolabios incluyen un conjunto de piezas circulares móviles que se ajustan sobre la base (*madre*) y que en su conjunto hacen de este una poderosa herramienta de cálculo en astronomía.

La pieza circular superior (*rete* o *red*) contiene un mapa estelar, una proyección estereográfica de la esfera celeste sobre un plano con líneas de latitud y longitud, limitado a unas pocas y conspicuas estrellas, y otra pieza circular excéntrica que representa la eclíptica. La superposición y rotación de estas piezas permitía entonces simular la rotación de los cielos en relación con un observador terrestre y, así, además de la altura, el astrolabio hacía posible una variedad de cálculos útiles. Los primeros astrolabios fabricados en la tradición islámica se remontan al siglo VIII. Originalmente fueron diseñados para observaciones celestes desde una única latitud, pero para el siglo XI ya se conocían astrolabios mucho más complejos que permitían hacer cálculos desde latitudes distintas.

IMAGEN VIII.1. *Astrolabio portátil de origen árabe*



Los astrolabios portátiles incluyen un conjunto de piezas circulares que giran sobre un círculo graduado llamado madre. El más importante de sus componentes es una mira (alidada) que permite medir la altura de un objeto sobre el horizonte. Algunos incluyen mapas estelares y coordenadas celestes de diversa complejidad, que le permiten al astrónomo hacer cálculos y mediciones sobre la posición de los astros sobre la esfera celeste.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

El astrolabio portátil guarda una estrecha relación con problemas de orientación y navegación. Los beduinos, moradores del desierto árabe, supieron orientarse en sus travesías siguiendo las estrellas. Los grandes desiertos y el mar tienen en común la ausencia de referentes visuales o caminos para seguir. Como veremos en la sección sobre la conquista del Nuevo Mundo, el astrolabio desempeñó un papel definitivo para los navegantes cristianos del siglo XVI. La exploración y expansión europeas, al igual que la cartografía moderna, no habrían tenido el desarrollo que experimentaron en los siglos XV y XVI si no hubiera sido porque los cristianos ibéricos contaron con instrumentos de observación astronómica como la ballestilla o el astrolabio. El astrolabio árabe no solo fue importante para los navegantes ibéricos del siglo XVI, hay evidencia de que los europeos se interesaron por estos artefactos, los copiaron, fabricaron y les dieron usos diversos.

Entre los manuscritos que dejó Antonio de Sangallo (1484-1546), destacado arquitecto del Renacimiento italiano, se encuentra un detallado dibujo con todas las partes de un astrolabio fabricado en Bagdad en el siglo IX. Sangallo registró el nombre del fabricante, Khafif, al parecer un aprendiz del más famoso fabricante de astrolabios de Bagdad a finales del siglo IX: Alī b. Isa; un ejemplo más del interés del hombre del Renacimiento no solo por los clásicos griegos y romanos, sino por los conocimientos árabes.

Medicina

Similar al caso de la astronomía, las contribuciones del islam en otros campos del conocimiento, como la medicina, fueron definitivas dentro y fuera del mundo árabe. La traducción de obras médicas griegas al árabe se remonta al siglo VIII y se mantuvo por varios siglos. De manera que las obras de Dioscórides, Hipócrates y Galeno fueron bien conocidas en la tradición islámica, algo que ocurrió de manera mucho más modesta en el occidente cristiano, donde la obra de Galeno solo se conoció de modo parcial hasta el siglo XI. Por esta misma razón, y de manera similar al caso de la astronomía, los médicos árabes produjeron una notable y original literatura sobre el cuerpo humano y la salud.

Una vez más, en este campo, la ciencia árabe tuvo un impacto visible sobre la ciencia occidental. En parte, porque los tratados árabes, una vez traducidos al latín, sirvieron de intermediarios para que Occidente se familiarizara con la medicina griega. En este sentido, obras como el *Almonzoris de Rhazes*, de Al-Razī († ca. 930); el *Pantegi* o *Arte universal*, de Alī ibn Abbas al-Majusti (conocido como Haly Abbas, † 994), o el *Canon de medicina*, de Ibn Sina (conocido como Avicena, 980-1037), que se tradujeron al latín, marcaron el destino de la medicina occidental.

Tenemos, por ejemplo, el caso de Ibn al-Nafis, de Damasco y El Cairo, quien estudió la obra de Galeno y encontró en ella problemas y contradicciones. Galeno suponía que la sangre se purificaba en el corazón, en su paso del ventrículo derecho al ventrículo izquierdo, mediante un pasaje entre estas dos cavidades. Cerca del año 1241 Ibn al-Nafis indicó que dicho pasaje no existe, e incluso quiso mostrar la necesidad de que la sangre pase por los pulmones. Teorías similares se les atribuyen a Michael Servetus (ca. 1553) y a Realdo Colombo (ca. 1559), y tendrán una versión refinada en la obra de William Harvey en 1627, a quien se le considera un punto de quiebre en la historia de la medicina por sus ideas sobre la circulación de la sangre. De nuevo, los historiadores no parecen haber tenido presentes las influencias de la medicina árabe en esta innovación que marcó los inicios de una fisiología moderna (véase el apartado sobre William Harvey en el capítulo XIII).

De manera similar a lo sucedido con la astronomía y la medicina, la tradición árabe dejó un legado notable en el campo de la óptica. Es el caso de Ibn al-Haytman (conocido como Alhacén, † 1040). Como resultado de sus estudios médicos sobre la visión, propuso una nueva teoría sobre esta última, que supone que la luz se transmite del objeto al ojo. Alhacén quiso, y con bastante éxito, refutar la teoría de la proyección, según la cual la visión se explica por la emanación de algún tipo de rayos luminosos desde el ojo a los cuerpos que se observan. Esta fue, por ejemplo, la manera como Platón explicó la visión en el *Timeo*: "[...] los órganos hechos en primer lugar fueron los ojos portadores de la luz [...]. Hicieron [los dioses] que el fuego puro, hermano de aquel que está dentro de nosotros, fluyera a través de los ojos [...]"[14]. Alhacén encontró poco creíble que el ojo fuese la fuente de luz que nos permite ver, por ejemplo, objetos tan distantes como las estrellas en la noche. Por el contrario, argumentó que es desde los cuerpos luminosos que emanan los rayos que el ojo humano percibe. Aún más interesante son sus explicaciones sobre cómo ocurre esto. De los cuerpos emanan rayos de manera incoherente y en todas direcciones, pero las estructuras del ojo humano operan como lentes que les dan forma a los objetos. Así, combinando explicaciones físicas, matemáticas y fisiológicas construyó una teoría bastante completa de la visión humana. Estas ideas prevalecieron en el islam y en Occidente por siglos, y fue su tratado de óptica el más importante hasta el trabajo de Kepler en el siglo XVII.

La medicina en el islam tuvo sofisticados avances teóricos y una práctica compleja. La cirugía ocular es muestra de ello, ya que fueron comunes delicados instrumentos y técnicas para curar, por ejemplo, las cataratas.

[14] Platón, *Ion, Timeo, Critas*, 82-83.

Abū 'Alī al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytam (Basora, Emirato Buyí, 965-1040)

Llamado en Occidente Alhazen o Alhacén, realizó importantes contribuciones a los principios de la óptica y a una nueva concepción de los experimentos científicos.

Llegó a El Cairo bajo el reinado del califa fatimí Al-Hakim, un mecenas de las ciencias interesado en la astronomía. Durante este tiempo, escribió su influyente *Libro de óptica* y continuó redactando nuevos tratados sobre astronomía, geometría, teoría de números, óptica y filosofía natural.

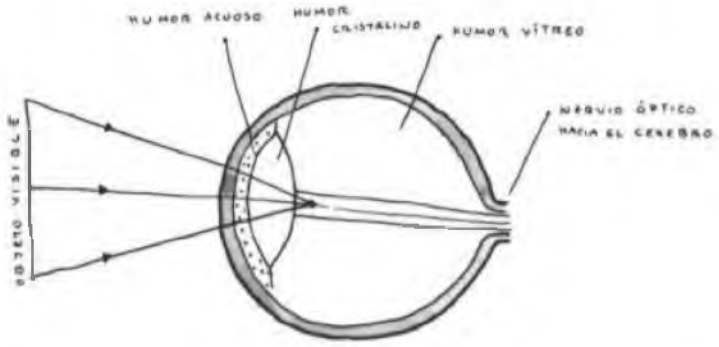
Para algunos es el padre de la óptica por sus trabajos y experimentos con lentes, espejos, reflexión y refracción. Alhacén debe ser considerado uno de los filósofos naturales más importantes de la Edad Media. Sus trabajos fundamentales se refirieron a la óptica geométrica, campo en el que, al contrario de Ptolomeo, defendía la hipótesis de que la luz procedía del Sol y que los objetos no poseen luz propia: lo único que hacen es reflejarla, gracias a lo cual es posible verlos.

También llevó a cabo diversos estudios referidos a la reflexión y la refracción de la luz, al origen del arco iris y al empleo de las lentes, mediante la denominada cámara oscura. Escribió el primer tratado amplio sobre lentes, en el cual describe la imagen que se forma en la retina humana debido al cristalino.

Su obra principal, *Kitab al-Manazir* (*Libro de óptica*), fue conocida dentro y fuera del mundo islámico. Una traducción latina del *Kitab al-Manazir* apareció entre finales del siglo XII y principios del XIII. Traducción que fue leída e influyó en gran medida en una serie de estudiosos de la Europa católica, incluyendo a Roger Bacon, Robert Grosseteste, Witelo, Giambattista della Porta, Leonardo da Vinci, Galileo Galilei, Christiaan Huygens, René Descartes y Johannes Kepler. Escribió en el siglo XI *Dudas sobre Ptolomeo*, en el que señaló las inconsistencias de la astronomía ptolemaica y la imposibilidad de considerar dicho modelo una verdadera representación del mundo. Además de sus contribuciones en astronomía y óptica, su trabajo en matemáticas y geometría fue original e influyente.

La importancia de la labor árabe de traducción y conservación de tradiciones científicas orientales y griegas es innegable. Los grandes clásicos de la ciencia griega, las obras de Galeno, Ptolomeo, Euclides, Aristóteles, entre muchos otros, se lograron preservar gracias al interés árabe en estos temas, y Europa debe reconocer que es gracias a los árabes que dichas tradiciones nutrieron la historia de la ciencia en el mundo occidental. Pero los árabes no

IMAGEN VIII.2. *Teoría de la visión de Alhacén*



La teoría de la visión de Alhacén supone rayos que emanan los cuerpos y que sufren refracción dentro del ojo humano.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

fueron simples transmisores. Sus aportaciones a la ciencia occidental fueron, como hemos señalado, mucho más allá de la preservación y repetición de conocimientos de otros lugares. A manera de ejemplo y de manera superficial hemos señalado la importancia del islam en la historia de la astronomía y la medicina, dejando de lado la mayoría de la robusta producción científica del mundo islámico.

La importancia para la filosofía occidental de autores como Ibn Sina (conocido como Avicena, 980-1037) es difícil de exagerar. Un joven prodigio y conocedor de la filosofía griega como pocos, tuvo un impacto notable en el mundo cristiano por su capacidad de articular la filosofía de Platón y Aristóteles con la religión. No es este el lugar para presentar la vasta obra de Avicena o su influencia sobre pensadores de enorme influencia en Occidente, como santo Tomás o Descartes, en sus defensas filosóficas del monoteísmo. Una de sus contribuciones a la metafísica que formó parte de una duradera tradición teológica y científica en Occidente es la idea de que es en la creación, en la obra de Dios, que podemos apreciar su gloria y perfección.

Como hemos visto, sin las matemáticas de la India, la astronomía y la medicina griega sería imposible imaginar la historia de la ciencia que hoy celebramos como occidental. Pero además, y no menos importante, la historia de la verdad en Occidente tiene una deuda enorme y una profunda coincidencia con el islam: tanto para los musulmanes como para los cristianos fue imperativo consolidar una tradición filosófica afín con la religión. Esto

fue posible gracias a una particular forma de entender e interpretar a los grandes autores griegos como Platón y Aristóteles, que se convirtieron en poderosos aliados de la teología. La potente máxima teológica de un solo Dios y una sola verdad, difícilmente abandonará la filosofía occidental. Las ideas de una razón o una única ciencia y una sola verdad, incluso en sus versiones más seculares, se sustentan sobre una metafísica con profundas coincidencias con la teología. El tradicional antagonismo entre filosofía y religión que suele acompañar las historias de la ciencia y de la filosofía, mostraremos una y otra vez, resulta poco realista; más bien, estamos reconociendo una estrecha simbiosis, cuya historia se remonta a la teología medieval preocupada por darle al dogma religioso un fundamento racional.

Tercera Parte

LA CAÍDA DEL HOMBRE NATURAL

Capítulo IX

LA MAGIA DEL RENACIMIENTO: UNA NUEVA RELACIÓN DEL HOMBRE CON EL COSMOS

El Renacimiento y la "revolución científica"

A comienzos del siglo XVII se imprimieron en Amberes una serie de grabados con el título *Nova reperta* (Nuevos descubrimientos), basados en los diseños del pintor flamenco Jan van der Straet (1523-1605). En las imágenes se presentan grandes logros humanos, invenciones y descubrimientos, muchos de ellos eran recientes y formaron parte de grandes transformaciones en la historia del mundo. La imagen con la cual se presenta la serie de grabados[1] reúne nueve grandes descubrimientos enumerados en el siguiente orden: (1) América, (2) la brújula, (3) la pólvora, (4) la imprenta, (5) el reloj mecánico, (6) guaiacum —una madera americana utilizada en el tratamiento de la sífilis—, (7) la destilación, (8) el cultivo de gusanos de seda y (9) arneses para caballos.

La colección de grabados de Van der Straet nos ayuda a reconocer la percepción que tenía la Europa del siglo XVII sobre su propia cultura y su tiempo. Si bien estos no son todos logros de la Europa moderna, sí son presentados como expresiones de una época de extraordinaria innovación y creatividad. Algunos de los temas de la imagen, como la imprenta y los relacionados con la náutica y los viajes de exploración serán atendidos con cierto cuidado más adelante. En lo que sigue, trataremos de entender las distintas formas como los europeos se vieron a sí mismos como protagonistas de un gran cambio en la historia del mundo, que les permitió ganar confianza en sus propias capacidades de comprender y dominar el mundo entero.

Para enfrentar este extraordinario proceso de emancipación europea, un corto repaso historiográfico puede ser oportuno. Comencemos por estudiar el origen y desarrollo de la tradición que proclama que durante el Renacimiento nació la *ciencia moderna*. El primer indicio lo encontramos entre los siglos XIV y XV, en los cuales se inicia una nueva tradición historiográfica europea con el humanismo italiano. Personajes como Petrarca (1304-1374) y Boccaccio (1313-1375), entre otros, se vieron a sí mismos como los instigadores de

[1] Sobre *Nova reperta* véase Park y Daston, *The Cambridge History*, 1-17.

IMAGEN IX.1. *Frontispicio de* Nova reperta, *Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, 1600, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York*

FUENTE: "New Inventions of Modern Times -Nova Reperta-, Title Plate met DP841122", *Wikimedia Commons*, última modificación 10 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/AcnfuK.

un renacer de las artes y las letras después de un prolongado periodo de estancamiento que se había iniciado con el decaimiento de Roma y que comenzaba a revitalizarse en el siglo XIV[2].

El *humanismo*, que dominó la cultura letrada del temprano Renacimiento, no proclamó la prioridad de ideas inéditas. Sus promotores parecían, más bien, interesados en la recuperación de un pasado glorioso; pero dicha tarea de recuperación terminó siendo un movimiento transformador que encontraría respuestas alternativas a la dominante tradición escolástica.

La educación humanista, *studia humanitatis*, tiene una estrecha relación con la habilidad retórica propia del orador político y del legítimo hombre de Estado. La figura de Cicerón fue un modelo de los ideales humanistas, en quien se reconoció tanto la elocuencia (habilidades en el correcto uso del lenguaje, en particular del latín), como la sabiduría en el manejo de asuntos públicos, al parecer, dos virtudes inseparables. El humanismo supuso que en

[2] Para una visión comprensiva del Renacimiento véase Peter Burke, *El Renacimiento* (Barcelona: Crítica, 1993), 7-14.

la Antigüedad clásica se habían alcanzado los más notables logros y que los hombres de letras tenían la misión de recuperar esos valores perdidos. Así, su tarea no se pensó tanto en términos de la invención de algo nuevo y distinto, sino del redescubrimiento de una cultura que se había deformado[3]. De ahí la idea de una Edad Media, sin méritos significativos, como un periodo intermedio entre la cultura de los antiguos y su renacer en el siglo XV. Dicho *renacer* es visible en términos filosóficos y estéticos por igual. El respeto y el estudio de los clásicos se convirtieron en un medio para el cambio y la renovación a lo largo de todo el Renacimiento. Vitruvio para artistas como Alberti, Brunelleschi o Leonardo; Ptolomeo para Copérnico; Galeno para Vesalio, o Hermes Trismegisto para autores como Ficino sirvieron de punto de partida para sus obras, que hoy reconocemos como modelos de creatividad e innovación.

El humanismo inició entonces una periodización que todavía sigue siendo familiar para nosotros y que divide en grandes periodos la historia europea: Antigüedad, Edad Media y Modernidad. Esta división muestra la mentalidad renovadora que caracterizó la temprana modernidad, así como la visión peyorativa que se le quiere dar a la Edad Media como una etapa de letargo y oscuridad.

Algunos historiadores han tomado dicha versión del humanismo en un sentido literal y han alimentado lo que Peter Burke ha llamado "el mito del Renacimiento"[4]. Un momento histórico que no solo se ha caracterizado por la restauración de las artes, sino que tiene elementos propios como el individualismo, el realismo y que, desde luego, se ha visto como un momento propicio para ubicar el nacimiento de la ciencia moderna. Al propósito de rescatar las obras literarias, artísticas y científicas de los autores de la Grecia y Roma antiguas se suma la búsqueda del verdadero origen del dogma religioso. La tradición hermética, y más adelante el protestantismo, entre otros, realizaron intentos por reformar el cristianismo. Al igual que en las artes, rastrearon fuentes antiguas y aún no deformadas como fundamento para una religión pura.

Desde la época de Francis Bacon (1561-1626) hasta hace algunas décadas, algunos comentaristas han alimentado y justificado la idea de una gran "revolución científica", idea que supone que entre los siglos XVI y XVII se dio una transformación radical en la historia del conocimiento, tan decisiva y significativa que se ha descrito como una de las más importantes rupturas en la historia de la civilización occidental. A lo largo de este capítulo trataremos de encontrar los orígenes de esta idea y daremos una breve descripción del

[3] Sobre humanismo véase Jill Kraye, *The Cambridge Companion to Renaissance Humanism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996).

[4] Burke, *El Renacimiento*, 7-14.

contexto histórico y cultural en el que aparecen las nociones modernas de conocimiento científico.

Durante el siglo XVII se mantuvo la tesis de que el conocimiento en general, y en especial la filosofía natural, había tenido un renacer y una revitalización. Esta concepción se refleja con claridad en los títulos de los escritos de los pensadores de mayor reconocimiento de la época. Bacon, con su *Novum organum* y *La Nueva Atlántida*; Kepler, con la *Nueva astronomía*, y Galileo, con su *Dos nuevas ciencias*, entre otros, celebran de manera explícita el nacimiento de una nueva filosofía y una nueva forma de hacer ciencia. Más tarde, en el siglo XVIII, la noción de la revolución científica tomaría aún mayor fuerza con los filósofos de la Ilustración francesa, quienes no solo nutrieron la idea del gran cambio —protagonizado, entre otros, por Copérnico, Descartes, Galileo, Kepler, Bacon y Newton—, sino que se vieron como sus continuadores.

Uno de los objetivos centrales de este libro es dar cuenta de la emergencia de la cultura moderna que proclamó haber alcanzado formas de conocimiento y valores universales; lo cual supone también explicar la consolidación de Europa occidental y su autopercepción como centro de un proceso de expansión global. Se trata de un proceso largo y complejo que, como hemos hecho evidente en los anteriores capítulos, tiene sus raíces en tradiciones filosóficas y religiosas que se remontan a la antigua cultura griega, y que a lo largo de la Edad Media consolidaron poderosas tradiciones religiosas monoteístas que se fundamentaron sobre la idea de una verdad única y universal.

En lo que sigue nos ocuparemos de momentos, episodios, personas y lugares definitivos en la consolidación de Occidente y de lo que podríamos llamar la cultura moderna. Esto nos obliga a hacerle frente a una larga tradición historiográfica que ha arraigado entre nosotros la idea del nacimiento más o menos espontáneo de una nueva forma de conocimiento fundada en la razón y la experiencia, que nos parece familiar y sentimos propia: la ciencia moderna. A pesar de la colosal y sofisticada literatura que produjo el siglo XX sobre el tema, la concepción de una "revolución científica", de la cual surgió por primera vez una forma de conocimiento esencialmente distinto, resulta cada vez más problemática.

Hoy, los historiadores de la ciencia parecen reconocer que no es posible identificar un momento único, como tampoco un lugar en particular para el nacimiento de una forma específica de conocimiento que podríamos llamar "ciencia moderna". La idea de que los orígenes de la modernidad científica se hallan en experimentos cruciales o en las ideas de algunas mentes extraordinarias de Europa occidental es cada vez más complicada y menos convincente[5]. El ideal de una modernidad secular, regida por una razón absoluta y

[5] Trabajos ampliamente leídos como *La revolución científica* de Steve Shapin o el tercer volumen de *The Cambridge History of Science*, dedicado a la "Ciencia moderna temprana", editado

ajena al poder, la belleza y la religión, nos empieza a parecer una perspectiva candorosa, imposible de defender en cualquier genuina reflexión histórica.

El intento mismo de buscar un momento, un lugar, unos padres fundadores y una serie de nuevas ideas que le dieron forma a la "ciencia moderna" resulta un camino demasiado enmarañado, lleno de contradicciones y sentenciado al fracaso. Bosques enteros y demasiada tinta se han invertido en tratar de entender el nacimiento de la ciencia moderna; sin embargo, buena parte de estos esfuerzos cargan un lastre que dificulta navegar: la noción de una forma de conocimiento universal, absoluto, neutral y ajeno a la política, al arte y a la religión. Como lo recuerda Richard Rorty, "Somos los herederos de trescientos años de retórica sobre la importancia de una tajante diferencia entre ciencia y religión, ciencia y política, ciencia y arte"[6]. Dicha retórica y el continuo esfuerzo de diferenciar la ciencia de otras expresiones culturales son una marca indeleble de la cultura occidental.

El estudio de procesos culturales más mundanos, como el desarrollo de la imprenta moderna[7], la conformación de grandes imperios y de grandes empresas comerciales en la Europa moderna[8], nuevas perspectivas acerca de las relaciones entre religión, magia, arte y ciencia[9], un mayor reconocimiento de la importancia de los saberes técnicos y artesanales[10], al igual que análisis más cuidadosos sobre los intercambios culturales entre Europa y el resto del mundo ofrecen explicaciones históricas más ricas sobre el surgimiento de un *sujeto* europeo que proclamó la posesión de una forma de conocimiento universal[11].

por Katherine Park y Lorraine Daston, y con más de treinta contribuciones de autores reconocidos en el tema, se resisten y evaden la idea de una revolución científica.

[6] "We are the heirs of three hundred years of rhetoric about the importance of distinguishing sharply between science and religion, science and politics, science and art, science and philosophy, and so on. This rhetoric has formed the culture of Europe". Richard Rorty, *Philosophy and the Mirror of Nature* (Princeton: Princeton University Press, 1979), 330-331. Traducción propia.

[7] Véanse Elizabeth Eisenstein, *The Printing Revolution in Early Modern Europe* (Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press, 1983); Susan Dackerman, *Prints and the Pursuit of Knowledge in Early Modern Europe* (Londres y New Haven: Yale University Press, 2011); Bruno Latour, "Drawing Things Together", en Michael Lynch y Steve Woolgar, *Representation in Scientific Practice* (Cambridge: The MIT Press, 1990), 19-68; Adrian Johns, *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making* (Chicago y Londres: Chicago University Press, 1998).

[8] Harold Cook, *Matters of Exchange: Commerce, Medicine, and Science in the Dutch Golden Age* (Londres y New Haven: Yale University Press, 2007).

[9] Brooke, *Science and Religion*. Sobre magia véase Charles Webster, *De Paracelso a Newton: La magia en la construcción de la ciencia moderna* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1988). Sobre arte véase Park y Daston, *The Cambridge History*, capítulo 31.

[10] Véase Pamela Long, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences 1400-1600* (Corvalis: Oregon State University Press, 2011).

[11] Kapil Raj, *Relocating Modern Science: Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900* (Houndmills y Nueva York: Palgrave Macmillan, 2007).

La tradicional idea de que en el Renacimiento se originó una nueva forma de pensamiento con la cual la razón triunfó sobre la fe es explicable, en parte, porque los historiadores se han aproximado a los documentos de la época con un claro propósito de consolidar esta concepción. Como resultado, la noción de la ciencia moderna como el triunfo de la razón sobre la superstición y como la liberación del yugo de la autoridad religiosa se arraigaron con fuerza en la historiografía del conocimiento.

La mayoría de los estudiosos de los siglos XVIII, XIX y gran parte del XX buscó en las obras de Copérnico, Kepler, Galileo y Newton elementos fundadores de una nueva ciencia a imagen y semejanza de sus propios ideales de objetividad. Para ello fue necesario dejar de lado aspectos importantes de la obra de estos individuos e ignorar el trabajo y los intereses de muchos pensadores del Renacimiento que no parecen coincidir con nuestra imagen de "lo moderno". La "revolución científica" suele limitarse a la emergencia de una nueva astronomía y a ciertos personajes que protagonizan esta narrativa, pero la historia de la ciencia en el Renacimiento es mucho más que una serie de ideas de individuos geniales en física y cosmología.

Las tradicionales historias de la revolución copernicana suelen ignorar campos del conocimiento claves para la época, como la medicina, la historia natural, la geografía o la alquimia. La filosofía natural, sabemos hoy, no es el producto de individuos aislados. En astronomía, por ejemplo, es importante reconocer el florecimiento y la importancia de observatorios astronómicos privados, donde algunas mujeres, en Alemania en particular, tuvieron la oportunidad de formar parte del mundo de la ciencia que se les negaba en espacios públicos. Una de las más destacadas fue María Winkelman (1670-1720), devota observadora de las estrellas y autora de calendarios astronómicos. Winkelman descubrió un cometa, pero el crédito de dicho descubrimiento terminó en manos de su esposo, el también astrónomo Gottfried Kirch. A pesar de sus obvios méritos como astrónoma, la Academia de Ciencias de Berlín nunca la aceptó como miembro y su vida es un claro ejemplo de las dificultades que enfrentaban las mujeres para tener el debido reconocimiento de las comunidades científicas europeas[12].

En parte como consecuencia de las ideas de Auguste Comte (1798-1857) y al auge del positivismo en el siglo XIX, la tesis sobre el origen europeo de una única ciencia secular basada en la experiencia y en la razón ganó una amplia y duradera aceptación. Un punto central del análisis del "nacimiento de la ciencia moderna" ha sido la relación de esta última con la religión. La revolución científica ha sido presentada como ese momento crucial en nuestra historia en el cual la ciencia y la religión se apartaron la una de la otra. El conocimiento dejó de estar subordinado a la teología y se presentó una aparente ruptura entre ciencia y magia, y entre ciencia y metafísica. Aunque

[12] Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?*, 126-142.

esta es una visión seductora, y quienes la han querido defender tienen numerosos argumentos, aquí hemos optado por una visión de la historia de la ciencia distinta.

A pesar de que muchos historiadores sostienen que varios pensadores importantes del Renacimiento parecen haber reaccionado frente a la autoridad que representaba la Iglesia, un estudio más cuidadoso nos muestra la necesidad de repensar la compleja relación entre ciencia y religión en este periodo. Las matemáticas como lenguaje divino, la filosofía mecánica y la misma física newtoniana suponen la existencia de Dios. Pensadores como Kepler, Galileo, Descartes y Newton fueron profundamente religiosos, y ninguno de ellos llegó a cuestionar la existencia del Creador.

En la segunda mitad del siglo XX filósofos e historiadores como Eduard Jan Dijksterhuis, Alexander Koyré, Thomas Kuhn, Richard Westfall, Charles Webster, Allen Debus, David Lindberg, Paolo Rossi, entre otros, han enriquecido y problematizado la discusión sobre los orígenes de la ciencia moderna. En 1996, el sociólogo de la ciencia Steve Shapin publicó el libro titulado *La revolución científica: Una interpretación alternativa*, el cual es una suerte de síntesis de los recientes aportes y debates sobre el tema. En las primeras líneas afirma que "la revolución científica nunca existió"[13].

Por su parte, el tercer volumen de *The Cambridge History of Science* reúne más de treinta textos y parece ocuparse de todos los temas relevantes de la historia de la ciencia en los siglos XVI y XVII. El volumen es una extraordinaria compilación de investigación histórica. Las figuras protagónicas clásicas de la revolución copernicana están presentes, pero los diferentes capítulos muestran una imagen más amplia y una historia compleja, en la cual factores institucionales, políticos, culturales, religiosos y estéticos son tenidos en cuenta. En publicaciones recientes, historiadores de la ciencia y de la cultura han mostrado nuevos aspectos relacionados con las profundas raíces sociales y políticas del conocimiento e, inclusive, han cuestionado la idea misma de la revolución científica[14].

No obstante nuestra intención de tomar distancia de la convencional idea de la revolución científica, y a pesar de que no pretendemos ofrecer una definición de *Renacimiento* ni repetir los argumentos sobre el mito de una nueva cultura que de un momento a otro se volvió más racional, no podemos abandonar el desafío de explicar los cambios que, si bien graduales y marcados por continuidades, tuvieron lugar entre los siglos XV y XVII. Aunque no es posible dar una definición específica de eso que llamamos "espíritu del Renacimiento", vale la pena buscar elementos comunes en dicho periodo, que nos ayuden a entender mejor lo que hoy conocemos como cultura moderna.

[13] Steve Shapin, *La revolución científica: Una interpretación alternativa*, traducido por José Romo Feito (Barcelona: Paidós Ibérica, 2000), 17.

[14] Véanse Park y Daston, *The Cambridge History*; Shapin, *La revolución científica*.

Como vimos, podría argumentarse que, a lo largo de la Edad Media, el mundo cristiano mostró un marcado interés por la comprensión del hombre y la naturaleza en relación con el Creador. Esto puede interpretarse en algunos casos como una desvalorización del hombre y en general del mundo terrenal, como algo pasajero y opuesto al mundo de lo divino y eterno. Durante el llamado Renacimiento es posible reconocer manifestaciones diversas de emancipación humana y un renacer de la fe en los seres humanos. Una fe en un hombre nuevo, que se descubre a sí mismo y que adquiere confianza en sus capacidades. Temas tan variados como el humanismo, el arte, la magia y la alquimia, y la aparición de una nueva clase social (la burguesía) parecen ser señales de una revaloración del hombre y su posición en la naturaleza, y hacen que aquel, poco a poco, empiece a sentirse dueño de su destino.

Una clara y explícita expresión de la concepción de una nueva humanidad que proclama el control de su propio destino la encontramos en la obra de Nicolás Maquiavelo (1469-1527). En su tratado sobre doctrina política, *El Príncipe*, Maquiavelo escribió en 1513: "Creo que es posiblemente cierto que la fortuna determina la mitad de las cosas que hacemos, dejando la otra mitad para ser controladas por nosotros mismos [...]. La fortuna muestra su potencia cuando carecemos del adecuado poder para hacerle frente, y sentimos su ímpetu cuando no hay diques y presas para contenerla"[15].

Burguesía

El término fue empleado para llamar a aquellos habitantes de pueblos medievales que no eran ni campesinos ni terratenientes, sino mercaderes, comerciantes o artesanos. Hacia el final de la Edad Media, cuando algunos pueblos se convirtieron en importantes centros de intercambio, la burguesía pasó a ser, poco a poco, una clase socioeconómica mucho más definida. Pero el cambio radical ocurrió en la época renacentista, con el surgimiento y consolidación de los Estados nación, en los cuales el poder se concentró en manos de los monarcas y no en señores feudales no centralizados. La burguesía, por lo general, apoyó a los monarcas en su lucha contra el feudalismo, hecho que les permitió tener una influencia mucho más grande en la conformación de estos nuevos gobiernos. Así mismo, con el cambio de una sociedad feudal a una de tipo más capitalista, la burguesía se convirtió en una pieza fundamental del cambio industrial, social y científico, en el cual estaba sumida toda Europa.

[15] "I believe that it is probably true that fortune is the arbiter of half the things we do, leaving the other half or so to be controlled by ourselves [...]. She shows her potency where there is no

Para entender la cultura de la Europa moderna no es suficiente un recorrido por la historia de las ideas y escritos de unos pocos; la expansión del cristianismo, el contexto político, los viajes de exploración, los nuevos medios de comunicación, el surgimiento de instituciones, los debates religiosos, el mundo del arte, los desarrollos tecnológicos y una compleja interacción de factores que van más allá de la física y la cosmología modernas deben ser tenidos en cuenta.

Los debates que se dieron alrededor de la alquimia y otras áreas relacionadas con la tradición hermética recibieron en su momento tanta atención y despertaron el mismo interés que la astronomía y la física. Lo que podríamos llamar las ciencias de la naturaleza, es decir, la medicina y el estudio de plantas y animales, fueron de central importancia en este período y sin justa razón se excluyeron de las historias tradicionales de la ciencia moderna.

Así, lo que pretendemos en este libro es entender las condiciones, las prácticas y los contextos en los cuales les fue posible a ciertas personas o grupos sociales particulares proclamar la posesión de un conocimiento universal. El problema de la verdad, como hemos visto, está muy lejos de ser un asunto que se pueda resolver en la historia de las ideas o con la simple aparición de un nuevo método filosófico o científico. En lo que sigue, tendremos que atender muchos frentes, sin duda filosóficos, pero también técnicos, religiosos, estéticos, comerciales y políticos. Solo así, y con una buena dosis de paciencia, podremos entender la emergencia de un nuevo hombre que proclamó el dominio sobre el mundo.

Magia y tradición hermética: el control humano de la naturaleza

Versiones tradicionales de la revolución científica suponen, entre otras cosas, la emergencia de un racionalismo que se opone y que triunfa sobre la brujería, la superstición y la magia. Sin embargo, esta es una versión pobre que impide apreciar el papel que desempeñó la tradición hermética en la historia de la ciencia moderna. La magia, en sus múltiples formas, tiene una larga historia y fue importante en la Antigüedad y en la Edad Media. A pesar de que el mundo cristiano encontró una amenaza en la magia, y por ello esta adquirió un carácter secreto y esotérico, nos interesa aquí el notable resurgimiento que tuvo en el siglo XV, un interés que perduró por casi doscientos años entre prominentes filósofos y hombres de ciencia.

well-regulated power to resist her, and her impetus is felt where she knows there are no embankments and without dykes". Niccolò Machiavelli, *The Prince* (Londres: Penguin Books, 2004), 105-106. Traducción propia.

Una mirada un tanto maniquea de la historia de la ciencia en Occidente considera que en la Ilustración se consolidó una visión del mundo en la cual la magia, la religión y las formas de conocimiento anteriores al Renacimiento fueron derrotadas por la ciencia. No obstante, historiadores como Charles Webster o Frances Yates han sabido mostrar la dificultad de forzar una clara distinción entre magia y ciencia en la modernidad europea[16]. No es accidental que hayamos elegido el tema de la magia para iniciar nuestro recorrido por el Renacimiento. Aunque controversial, este puede ser un buen comienzo para reconocer algunos elementos determinantes del mundo moderno, ya que entre los llamados magos hubo una temprana manifestación de un hombre que ganó confianza en sus propias capacidades de conocer y controlar la naturaleza.

En un clásico estudio sobre la ciencia del Renacimiento, William Wightman sugiere que "si hay alguna característica que permita definir el Renacimiento es el cambio en la relación del hombre con el cosmos"[17]. A lo largo de su obra son llamativos los ejemplos sobre arte, magia y ciencia, en los cuales aparece una y otra vez esta idea rectora del Renacimiento: "El hombre puede hacer cualquier cosa si se lo propone"[18].

El Renacimiento, podemos argumentar, fue un escenario de emancipación humana que se caracterizó por la emergencia de un hombre que proclamaba su derecho natural o divino de dominio sobre la naturaleza. La magia, en la temprana modernidad, quizá desempeñó un papel definitivo en el surgimiento de ese nuevo hombre, ya que esta tiene como fin operar sobre la naturaleza para ganar su control y dominio. Para explicar ese cambio y el origen de una relación distinta entre los humanos y la naturaleza, varios autores coinciden en darle particular importancia a la influencia de la tradición hermética[19].

El origen de esta nueva actitud puede tener múltiples explicaciones, pero un estímulo evidente fue la recepción europea del *Corpus hermeticum* en el siglo XV: la doctrina de un hombre casi divino que podía interferir en el curso natural por medio de la magia. Mientras Aristóteles entendía las artes humanas como imitación de la naturaleza, en la tradición hermética las artes humanas podían no solo imitar sino rivalizar con la naturaleza[20].

[16] Véanse Frances Yates, *Giordano Bruno y la tradición hermética* (Barcelona: Ariel, 1983); Webster, *De Paracelso a Newton*.

[17] "If there is any characteristic by which the Renaissance can be recognized it is [...] in the changing conception of Man's relation to the cosmos". William Wightman, *Science and the Renaissance* I (Edimburgo y Londres: Oliver und Boy, 1962), 16. Traducción propia.

[18] Wightman recuerda estas palabras de Leon Battista Alberti: "Men can do all things if they will". Wightman, *Science and the Renaissance*, 18.

[19] Frances Yates, Paolo Rossi y Charles Webster, entre otros.

[20] Pamela Smith, "Laboratories", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 290-304.

Marsilio Ficino (1433-1499), quien tradujo al latín parte de la relativamente ignorada obra de Platón, fue también uno de los responsables de la revitalización de la magia. Esta, durante el Renacimiento, tuvo una estrecha relación con ciertas vertientes del platonismo, y la lista de autores renacentistas reconocidos con intereses en el neoplatonismo y en la tradición hermética es larga: Giovanni Pico della Mirandola (1463-1494), Johan Reuchlin (1455-1522), Pietro Pomponazzi (1462-1525), Theophrastus Bombastus von Hohenheim (conocido como Paracelso, 1493-1541), Gerolamo Cardano (1501-1576), John Dee (1527-1608), Giordano Bruno (1548-1600), Giambattista della Porta (1535-1615), Tommaso Campanella (1568-1639), Johannes Baptista van Helmont (1579-1644), Henry More (1614-1687), entre otros.

Más interesante aún, y tal vez sorprendente o chocante para quienes siguen algunas concepciones tradicionales de la historia de la ciencia, la lista incluye personajes de notable influencia en la ciencia moderna, que encontraron en la tradición hermética afinidad con sus intereses filosóficos. Francis Bacon, como veremos, parece haber visto en la magia un objetivo común a su nueva filosofía de la ciencia; Paracelso, quien lideró cambios decisivos en las ciencias naturales, encontró su mayor inspiración en la alquimia, y, el más notable de todos, a quien Keynes llamó el último de los magos, Isaac Newton (1643-1727), fue un devoto lector y discípulo de la tradición hermética.

Marsilio Ficino (Figline Valdarno, Italia, 1433-1499)

Filósofo, filólogo, médico y sacerdote católico, hijo del médico personal de Cosimo de Medici. Contó con el apoyo de algunos miembros de la dinastía Medici, quienes auspiciaron la creación de la academia platónica florentina y promovieron la traducción y el estudio de la obra del pensador griego. Se destacó por traducir del griego al latín los diálogos de Platón, proceso que inició poco después de escribir su obra *Theologica platonica* en 1482. Además de comentar la obra de Platón, tradujo textos de neoplatónicos, como Plotino. Falleció el 1.º de octubre de 1499 en Careggi.

En el ámbito de la magia, la nueva relación entre los seres humanos y el cosmos se tradujo en la búsqueda de las fuerzas ocultas que le permitieran al ser humano perseguir fines prácticos y religiosos. Esto se realizaba mediante el estudio de cierta literatura, considerada antiquísima y atribuida en su mayoría a Hermes Trismegisto, un supuesto sacerdote egipcio, a quien le había sido revelado el secreto del orden de la naturaleza por Dios mismo.

Este hombre habría vivido poco después de la revelación de la ley de Dios a Moisés, y un tiempo antes de filósofos griegos como Platón. El carácter antiguo de este personaje, en el contexto del Renacimiento, le otorgó a la magia una legitimidad similar a la de los autores griegos o romanos. Dado que los hombres del Renacimiento buscaban aproximarse a épocas remotas —en tanto estas se encontraban más cerca del momento en el que el ser humano, en la persona de Adán, había perdido todo el conocimiento sobre el mundo otorgado por Dios—, los textos atribuidos a Hermes Trismegisto fueron vistos como una fuente vital e invaluable de sabiduría. Sin embargo, estos textos posiblemente fueron realizados por varios autores de las escuelas neoplatónicas en el siglo II.

Los escritos llegaron a Europa occidental en 1460 gracias a una de las múltiples recopilaciones de textos realizadas por la familia Medici en Florencia. Estas fueron adquiridas por Cosimo de Medici, junto con otras obras platónicas[21]. A los textos sobre magia se les otorgó alta prioridad para su traducción del griego al latín, la cual fue encomendada a Marsilio Ficino, quien se encargó de señalar la antigüedad de los textos, posibilitando la consecuente rehabilitación de la sabiduría egipcia y de la magia hermética en la época renacentista. De esta forma, Ficino, junto con otros humanistas del Círculo de Humanistas de los Medici, reivindicaron esta fuente de sabiduría y sus métodos para operar sobre la naturaleza. Los manuscritos traducidos por Ficino contienen catorce de los quince tratados que conforman el volumen conocido como *Corpus hermeticum* y un texto denominado *Asclepius*.

Ficino consideró a Hermes el principal autor de los textos herméticos, como un contemporáneo de Moisés, quien fundó una tradición filosófica cercana a la revelación divina de la escritura y a las enseñanzas de Platón. El nombre de Hermes Trismegisto proviene de la asociación con el mensajero de los dioses del panteón griego, y fue llamado Trismegisto, 'tres veces grande', ya que fue excelso en sus labores de filósofo, sacerdote y legislador.

El *Corpus hemeticum* contiene un texto denominado "Pimander", en el cual se describe la creación del mundo y de los seres humanos en términos muy similares al Génesis cristiano. Después de crear la luz, se dio la creación del cielo y de los siete gobernantes o planetas, de los cuales depende el mundo terrestre. Luego vino la creación de la humanidad que, al contemplar la creación del demiurgo, quiso participar del acto de creación. El Padre permitió que cada uno de los gobernantes —planetas— les concedieran a los hombres parte de sus poderes. El humano de la tradición hermética se presenta así como un gran milagro, con poderes para actuar sobre el cosmos. Se trata entonces de un hombre cercano a las antiguas tradiciones literarias griegas, en las cuales este podía tener atributos divinos.

[21] Sobre la tradición hermética en la Florencia de los Medici véase Paola Maresca, *Alchimia, magia e astrologia nella Firenze dei Medici* (Florencia: Angelo Pontecorboli, 2016).

El "Pimander" no solo narra la creación de la humanidad, sino también la creación del ser humano como mago, una figura que tiene conocimiento o poderes divinos y, por lo tanto, control sobre la naturaleza. Este texto muestra al hombre como el único ser en la naturaleza al que se le otorgó el poder de crear, en tanto comparte los elementos divinos de los siete gobernantes. Algunos fragmentos de este texto fundacional de la tradición hermética permiten reconocer una concepción del hombre que se distancia de la idea medieval de la humanidad sometida a la voluntad del Creador. En los parágrafos doce y trece nos cuenta cómo el Creador le otorgó virtudes divinas a su perfecta creación:

> [12] La mente, padre de todas las cosas, que es vida y luz, engendró a un hombre igual a sí misma, a quien amaba como si de su propio hijo se tratase. El hombre era bellísimo, la imagen de su padre; y Dios, que realmente estaba enamorado de su propia forma, le confió todos sus trabajos.
>
> [13] Y cuando el hombre vio todo cuanto había creado el artesano con ayuda del padre, también él deseó ejercer de artesano, y obtuvo el permiso del padre [...] y los gobernantes se sintieron llenos de amor por el hombre, y cada uno de ellos compartió con él parte de su propia categoría [...][22].

El parágrafo quince describe la doble naturaleza, humana y divina, de los hombres:

> [15] Por este motivo al contrario que cualquier otro ser vivo en la Tierra, la humanidad es doble —mortal en lo que respecta al cuerpo, pero inmortal en lo que define su esencia—. Aun cuando es inmortal y posee el pleno dominio de todas las cosas, la humanidad se halla afectada por la mortalidad, puesto que se halla sometida al destino; por lo tanto, aunque el hombre se halle por encima del marco cósmico, se ha convertido en un esclavo dentro del mismo[23].

El *Ascelpius*, por otro lado, da cuenta de la revelación de Hermes Trismegisto a su discípulo Asclepio acerca de la maravillosa criatura que es el hombre, en tanto puede formar parte de la creación a partir de su intelecto, que es divino. Hermes señala en dicho texto que el hombre comparte el poder de crear entes con poderes divinos por medio de la asignación de un espíritu a una estatua, reproduciendo los poderes del Dios mismo. Esta asignación solo puede realizarse si se cuenta con el conocimiento de los elementos naturales y se realizan las operaciones necesarias —aquellas que haría la naturaleza por sí misma— para generar la divinidad deseada. De esta manera, el

[22] Brian Copenhaver, *Corpus hermeticum y Asclepio* (Madrid: Siruela, 2000), 113.
[23] *Ibid.*, 114.

conocimiento de la naturaleza por parte del hombre se hace tan esencial como su participación en la divinidad creadora, en la búsqueda del control del destino humano y la naturaleza.

Lo más sorprendente y revelador para los humanistas que estudiaron los textos herméticos fue el reconocimiento de que estos eran proféticos en tanto anticipaban el advenimiento del Hijo de Dios y lo entendían como el Verbo creador. Ello les confirió, además de la aprobación epistemológica, una aprobación religiosa y espiritual, esencial para los humanistas del momento, quienes no pretendieron sustituir el cristianismo, sino conocer a Dios por medio de su obra y del estudio de fuentes antiguas y puras.

Giovanni Pico della Mirandola (Ferrara, Italia, 1463-1494)

Conocido humanista, fue una personalidad clave en el pensamiento renacentista. Muy joven entró a estudiar derecho en la Universidad de Bolonia y más tarde realizó estudios de filosofía en Padua. Tuvo como maestro a Marsilio Ficino y contó con la amistad y protección del gobernador de Florencia, Lorenzo de Medici, durante varios años. En 1486 publicó en Roma su obra más importante, *Conclusiones philosophicae, cabalisticae et theologicae*, también conocida como *Las 900 tesis*. En este trabajo, Pico, basado en una concepción del universo centrada en el hombre, puso de manifiesto la idea cristiana del libre albedrío y, ligada a la anterior, de divergencia de pensamiento. Trece de las novecientas tesis de Pico fueron censuradas por la Iglesia católica. En 1487, Pico publicó una obra llamada *Apología*, en la cual insistió y defendió sus tesis vetadas. Ante esto, fue excomulgado y debió huir de Italia. Por la intermediación de los Medici y de familias nobles de Italia y Francia consiguió, en 1493, la absolución del papa Alejandro VI. En la última etapa de su vida ingresó a la Orden de Predicadores en Florencia y escribió textos en contra de la práctica de la astrología por ir en contra de principios cristianos como el libre albedrío. Algunos de estos fueron publicados en Bolonia, después de su muerte, con el título de *Disputationes adversus astrologiam divinatricem*.

El *Corpus hermeticum* también contiene otros textos que versan sobre la forma de acceder al conocimiento del universo: al lograr la liberación del cuerpo material del hombre o el íntimo conocimiento de la creación divina en sus obras. Una diferencia importante con la tradición cristiana está en que el conocimiento de Dios ya no se alcanza únicamente mediante su palabra, sino también por medio del estudio de su creación. Muchos pensadores

estarían de acuerdo con esta idea y, por ejemplo, Pico della Mirandola, quien junto con Marsilio Ficino fue uno de los más importantes exponentes de la academia platónica de los Medici en Florencia, afirmó: "Nada nos conduce más a la religión y a adorar a Dios que una cuidadosa contemplación de sus maravillas"[24].

Durante la Edad Media, un gran cuerpo de literatura que comprendía tratados astrológicos, alquímicos y mágicos también fue asociado al nombre de Hermes Trismegisto. Dichos textos, y en especial el *Asclepius*, incluyen fragmentos prácticos sobre el manejo de la astrología, los talismanes, las hierbas y los minerales, para conseguir los efectos deseados en la naturaleza. Todos estos tratados contienen presupuestos astrológicos, en tanto consideran que el destino del hombre se encuentra escrito en la posición de los cuerpos celestes, y, aún más significativo, le otorgan al hombre la posibilidad de modificar su propio destino mediante el conocimiento y la manipulación de las propiedades naturales de lo existente. Los lectores de los textos herméticos encontraban en ellos conocimientos prácticos, recetas y principios que les permitían usar los poderes de la naturaleza al servicio del hombre.

El secreto era parte importante de la tradición. Las verdades más profundas no debían ser divulgadas a la multitud y el conocimiento solo debía ser transmitido a aquellos que se consideraran elegidos. No obstante, los magos podían buscar el conocimiento en otras fuentes, como tratados sobre las propiedades de las plantas, los animales y minerales, que solían entenderse en términos de sus relaciones de simpatía y antipatía, y que eran comunes en los escritos de Plinio y en los herbolarios y bestiarios medievales. De cualquier manera, la magia natural suponía un orden, una cadena del ser en la cual las plantas, los minerales y los animales guardaban una correspondencia natural entre ellos y ciertos astros, de manera que estas asociaciones se podían utilizar para operar sobre el mundo en beneficio de los intereses humanos. Se concibió la naturaleza como una unidad en la cual el hombre era parte del cosmos, y el cuerpo humano tenía una muy estrecha relación con este. Tal concepción implicaba también un especial interés por la astrología. Como ya lo hemos mencionado, es razonable pensar que los astros tienen un claro efecto sobre el destino del hombre y, si esta relación lograba comprenderse, entonces el hombre no solo podía predecir su futuro sino también cambiarlo. Este fue uno de los temas que hizo de la tradición hermética una filosofía peligrosa y vetada por las autoridades cristianas.

[24] "For nothing moves one to religion and to the worship of God more than the diligent contemplation of the wonders of God". Giovanni Pico della Mirandola citado en Swapan Chakravorty, "Hypocrite Lecturar: Reading on the Modern Stage", en Sukanta Chaudhuri (ed.), *Renaissance Themes* (Nueva Delhi: Anthem Press, 2009), 44. Traducción propia.

El conocimiento de las relaciones de simpatía y antipatía entre distintos entes naturales no dependía exclusivamente de la lectura de la mencionada literatura, pues era una de las tareas del mago experimentar para encontrar las propiedades y los poderes de los cuerpos. Esta experimentación se realizaba mediante la guía ofrecida por los textos y por los signos que Dios había establecido en su creación. Se entendía que nada en la creación divina obedecía a casualidades y, por ende, los elementos que tuvieran características similares a otros eran reconocidos como simpáticos, lo cual implicaba que podía llegarse a uno por medio de la utilización del otro. En ese sentido, la magia no se limitaba al ejercicio de un poder sobrenatural, por el contrario, se entendía que los logros del mago obedecían a su profundo conocimiento de la naturaleza.

En los textos herméticos se reconocen tres tipos de magia. La primera es la llamada *magia natural*, que se ocupa de los elementos que componen el mundo material y las relaciones ocultas que existen entre ellos. Los alquimistas, por ejemplo, promovían el estudio de la naturaleza mediante la observación, y creían en la experimentación como medio para que la naturaleza nos revelara sus secretos.

El segundo tipo de magia es la *magia matemática*, que se ocupa básicamente del mundo celeste y de las estrellas, y guarda una estrecha relación con la aritmética, la música, la geometría y la astronomía. Esta magia considera que el lenguaje divino se expresa mediante los números, y que su comprensión nos permite acceder al orden del universo. Esta idea fue un factor que estimuló diferentes campos de la investigación matemática y formó parte fundamental de la obra de pensadores como Kepler, Galileo y Newton. Para la tradición hermética, como para los pitagóricos, las matemáticas son un lenguaje divino, un medio para conocer el diseño y orden del universo como un todo.

El tercer tipo de magia es la *magia religiosa*, en la cual podemos apreciar elementos comunes con la tradición cristiana, los poderes de los ángeles y los milagros. El mago también realizaba un ejercicio religioso al involucrarse en las prácticas descritas, pues reconocía la misericordia divina al haber entregado al hombre la naturaleza para usarla en su propio beneficio. Luego, era un deber religioso hacer uso de la naturaleza en beneficio del hombre, lo cual se entendía como un deber moral, pues esa era la razón de ser de las especiales capacidades humanas. De igual forma, suponían que el conocimiento de la naturaleza —regalo de Dios— posibilitaría la redención de la naturaleza, tal como el sacrificio del Hijo de Dios había redimido al hombre.

El médico y filósofo alemán Heinrich Cornelius Agrippa von Nettesheim (1486-1533) escribió *De occulta philosophia*, obra que circuló en su versión manuscrita desde el año 1510 y se imprimió en 1533, no sin los reparos de los inquisidores dominicos. El libro de Agrippa presenta la "filosofía oculta" como "[...] el punto más alto de la filosofía natural y su logro más completo

[...]. Con la ayuda de virtudes naturales, de su mutua y oportuna aplicación, ella produce logros de una maravilla incomprensible [...]" y explica cómo

> Observando los poderes de todas las cosas naturales y celestiales, probando las relaciones de estos poderes en una cuidadosa investigación, ella otorga y muestra poderes ocultos y lejanos de la naturaleza. Usando cosas de naturaleza inferior a manera de carnada, la magia los conecta con las capacidades de cosas de naturaleza superior [...] de manera que ocurren sorprendentes maravillas, no tanto como resultado de las artes humanas, sino de la naturaleza[25].

El libro de Agrippa presenta un orden jerárquico según el cual opera una armonía y una causalidad: desde las ideas en la mente de Dios, pasando por inteligencias espirituales y cuerpos celestes hasta los animales, las plantas y los minerales de la esfera sublunar. Los humanos tienen la capacidad de usar los poderes celestiales y divinos para actuar sobre lo terrenal. Los magos pueden adquirir poderes sobre la naturaleza manipulando cualidades, cantidades y mentes. Cualidades de objetos terrenales, cantidades —figuras, formas y números— tanto de objetos terrenales como celestiales, y mentes inmateriales y angélicas en el más alto nivel de la jerarquía del cosmos. Niveles que corresponden a los tres frentes de la filosofía oculta: la magia natural, la matemática y la ritual o religiosa.

La tradición aristotélica enseña que el mundo material posee cualidades sensibles, accesibles gracias a la experiencia y los sentidos, "cualidades manifiestas" que son maravillosas y poderosas, pero no necesariamente mágicas. Por el contrario, la magia se ocupa de otro tipo de cualidades, las "ocultas", que no emergen de la materia sino de la sustancia o forma inmaterial (véanse los tipos de causas en la *Física* de Aristóteles). Las cualidades ocultas no son perceptibles por medio de los sentidos, estas cualidades son reales pero intangibles, y solo los fenómenos que resultan de su acción son patentes. Estas cualidades ocultas tienen origen celestial y descienden al mundo material mediante las ideas de Dios.

La tradición hermética parece operar desde un interesante marco teórico que combina el lenguaje aristotélico con una cosmología platónica. Todas las especies del mundo natural tienen su correspondiente cuerpo celeste, del cual proviene su poder. De ahí la posibilidad y el riesgo de hacer uso o invocar

[25] "[...] the pinacle of natural philosophy and its most complete achievement [...]. With the help of natural virtues from their mutual and timely application, it produces Works of incomprehensible wonder [...]. Observing the powers of all things natural and celestial, probing the sympathy of these same powers in painstaking inquiry, it bring powers stored away and lying hidden in nature into the open. Using lower things as a kind of bait, it links the resources of higher things to them [...] so that astonishing wonders often occur, not so much by art as by nature". Citado en Brian Copenhaver, "Magic", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 519. Traducción propia.

los poderes de ángeles o demonios en la operación de entidades terrestres. El mago lograba entonces establecer vínculos entre lo material y lo divino de manera ascendente, primero con la magia natural de los objetos terrestres y, después, por medio de la magia matemática y espiritual, podía descubrir y actuar sobre cadenas causales.

La naturaleza y la realidad de las cualidades ocultas sería objeto de un serio y crucial debate en la filosofía natural, y uno de los puntos centrales de la filosofía mecánica, cuyo propósito es reducir todas estas fuerzas ocultas a fuerzas tangibles de naturaleza mecánica. Un ejemplo emblemático es el esfuerzo cartesiano por explicar el magnetismo, una cualidad en apariencia intangible, en términos puramente mecánicos (véase el capítulo XVII). Más interesante aún fue la posición de Isaac Newton que, como veremos, se resistió a una explicación limitada a la mecánica y reivindicó la idea de fuerzas ocultas con su noción de *principios activos* en la naturaleza, siendo la gravedad un dramático ejemplo de un principio activo cuyos efectos son perceptibles por los sentidos.

La magia debe ser entendida como *arte*, saberes técnicos sobre cómo operar sobre la naturaleza, lo cual supone un claro distanciamiento con la manera como se entiende el conocimiento en la tradición escolástica. Es importante que recordemos que la magia, dentro de la tradición hermética de los tratados atribuidos a Hermes, tiene un contenido teórico, teológico, en buena medida platónico, pero asimismo es una tradición que se relaciona con una serie de prácticas y técnicas específicas, entre las cuales la alquimia y la astrología son las más importantes.

Así, la magia natural en el Renacimiento se planteó como un conjunto de prácticas con fines humanistas, religiosos y pragmáticos. La visión de mundo y la realización de cierto tipo de actividades dentro de las prácticas mágicas presentan importantes similitudes con nuestra idea de ciencia moderna. La principal de estas características que comparten la magia y la tradición experimental es la creencia en el resurgimiento del dominio del hombre sobre la naturaleza. Inclusive, el estudio de la naturaleza, tanto para los magos naturales del siglo XVI como para los filósofos mecanicistas del siglo XVII, se pensó como una actividad complementaria al estudio de las Sagradas Escrituras. Por lo tanto, la contemplación y la observación-experimentación constituyeron vías adecuadas hacia el conocimiento. Más interesante aún, en la magia se reúnen elementos teóricos y prácticos, característica que para muchos es distintiva de la ciencia moderna.

La idea de conocimiento que Bacon presenta en su *Novum organum* y en *La Nueva Atlántida* no dista mucho de la idea de que existen capacidades humanas con las cuales se pueden manipular las fuerzas ocultas de la naturaleza. Es decir, la magia natural, al igual que la filosofía mecanicista experimental, tenía como objetivo la consecución de conocimientos operativos para beneficio del hombre.

El conocimiento se hace tangible cuando el hombre "ha conseguido poner de manifiesto el modo en que tienen lugar sus acciones y ha aprendido a adueñarse de sus poderes"[26]. La magia renacentista resultaba útil para el cumplimiento de estos objetivos pues, por ejemplo, propendía por el uso de las matemáticas para el conocimiento y ordenamiento de la naturaleza. Es decir, la magia y la ciencia no solo compartieron principios similares de acción, sino que, además, ambas concebían el acceso a la naturaleza gracias a los mismos medios.

De igual manera, la magia, según magos renacentistas como Campanella, debía concentrarse en la producción de efectos reales, entre los cuales se pueden identificar objetos producto de lo que hoy en día denominaríamos ciencia aplicada. Entre estos se encuentra la utilización de espejos y luz para producir fuego o conseguir movimiento a partir de aparatos neumáticos o hidráulicos. Estos saberes prácticos, como hemos insistido, son posibles en el marco de una cosmología particular, en la cual las viejas relaciones entre el macro y el microcosmos son evidentes (véase la imagen IX.2.). Así mismo, es posible ver la afinidad entre las teorías copernicanas con ciertas concepciones cosmológicas de la tradición hermética, en las cuales el Sol desempeña una función de central importancia. De hecho, el mismo Copérnico, en el prefacio de su obra, menciona a Hermes Trismegisto quien se refiere al Sol como Dios visible (véase el capítulo XIV).

Dentro de la tradición hermética sobresale, como un campo del conocimiento con su propia historia, la alquimia. Se trató de un arte empírico que tuvo como propósito, entre otros, la transmutación de metales en oro. Bajo condiciones controladas, se quería emular y acelerar procesos naturales que toman miles de años. Para los alquimistas era posible encontrar las recetas para el "elixir" o la "piedra filosofal", sustancias naturales con poderes para transformar los metales en oro e, incluso, con poderes de sanación o con la capacidad de otorgar la inmortalidad. En este afán, los alquimistas pusieron en práctica procesos químicos como la fusión, la calcinación, la destilación, la fermentación, entre otros, lo cual supone el uso de aparatos y técnicas complejas. Si bien la alquimia siempre se relacionó con concepciones místicas asociadas a la magia, es innegable que fue un campo de saberes empíricos.

La tradición alquímica que llegó del mundo árabe fue importante en Europa, en parte porque articulaba tradiciones tanto literarias como manuales y así reunía la práctica y la teoría de una manera poco común en la filosofía o la ciencia medievales. Por ende, la alquimia se convirtió en un modelo para un nuevo tipo de relaciones entre teoría y práctica en la filosofía natural de la temprana modernidad[27]. No es entonces una coincidencia que la

[26] Yates, *Giordano Bruno*, 173.

[27] Smith, "Laboratories", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 295.

IMAGEN IX.2. Utriusque cosmi, maioris scilicet et minoris, metaphysica, physica, atque technica historia, *Robert Fludd, 1617*

En la perspectiva del micro y el macrocosmos heredada de la Antigüedad, el cuerpo humano es un espejo del universo, un microcosmos que es el reflejo de un orden mayor. En el cosmos geocéntrico de Paracelso, los cinco planetas, la Luna y el Sol tenían su contraparte en el cuerpo humano, y en una particular interpretación de los conocimientos astrológicos, el comportamiento de los astros era necesario para entender el cuerpo humano, la enfermedad y la salud.

FUENTE: "Titlepage of Robert Fludd's "Utriusque cosmi maioris scilice Wellcome V0001948", *Wikimedia Commons*, última modificación 28 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/Pe5Y.

tradición experimental moderna tenga claros vínculos con las prácticas de los alquimistas.

No obstante, la tradición hermética incluye saberes más esotéricos, como la cábala, una tradición judía que se ocupa de la interpretación del Antiguo Testamento. Así pues, la magia natural del siglo XVI comprendió elementos que iban desde interpretaciones bíblicas hasta actividades operativas y experimentales que buscaban dar cuenta de la relación del hombre con el

cosmos, por medio del descubrimiento de elementos físicos que condujesen al ser humano a situaciones más cercanas a la verdad.

Alquimia y medicina: el caso de Paracelso

El nacimiento de la ciencia moderna suele identificarse con los cambios ocurridos en la cosmología y la física. Menor atención han recibido campos del conocimiento claves en el Renacimiento y que también fueron objeto de notables transformaciones. Tal es el caso de la medicina.

El crecimiento de las ciudades, el impacto de las plagas, los viajes de exploración, la aparición de enfermedades, al parecer nuevas, como la sífilis, que se asumía había llegado a Europa del Nuevo Mundo, demandaron nuevas respuestas y nuevas concepciones de la salud y la enfermedad. Más adelante veremos la emergencia de una nueva anatomía y cambios importantes en la concepción del cuerpo humano y su funcionamiento, por ahora será oportuno referirnos a las novedosas propuestas de Paracelso. Además de ser una figura importante en la emergencia de una nueva medicina, fue también un ejemplo notable de la influencia de la tradición hermética y de la alquimia sobre prácticas científicas en Occidente.

El papel que Paracelso desempeñó en la llamada revolución científica no se puede pasar por alto. Fue uno de los más acérrimos defensores de una ruptura con la Antigüedad y la Edad Media, en gran parte debido a que se opuso a las obras de Galeno y Aristóteles, y por su crítica a los métodos escolásticos. A Paracelso se le conoció más como médico, pero también fue un importante comentarista de la Biblia y un filósofo de la religión. Como otros autores, Paracelso tenía la visión de que el cuerpo humano conforma un microcosmos que emula un gran macrocosmos en el que todo está incluido y ordenado de una manera precisa. Por ello, sus reflexiones médicas sobrepasan la simple práctica de la curación y del conocimiento del cuerpo humano, para insertarse en una reflexión más amplia sobre el cosmos.

Paracelso confrontó la teoría de los humores de la medicina clásica y propuso una teoría alternativa a la de los cuatro elementos. En sus estudios, aseveró que existen tres estados de la materia que definen cómo funciona el cuerpo humano: el estado gaseoso, el estado líquido o fluido y el estado sólido. Cada uno de ellos tiene su elemento correspondiente: el azufre, el mercurio y la sal. Paracelso consideraba que todas las enfermedades provenían de un exceso o una carencia de estos elementos. Esta misma triada no solo definía la manera como se comportaban las enfermedades, también era fundamental para comprender a los seres humanos: el azufre encarnaba la parte emocional, el mercurio representaba la razón, y la sal, el cuerpo. Dicho grupo de elementos era bien conocido en la época medieval por los alquimistas, cuyas teorías tomó Paracelso para nutrir su concepción de la naturaleza.

Paracelso (Einsiedeln, Suiza, 1493-1541)

Su verdadero nombre era Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, aunque se apodó a sí mismo Paracelso, en referencia a Celso, un médico romano del siglo I. Paracelso fue un médico y alquimista de la temprana edad moderna. Era hijo del también médico y alquimista Wilhelm Bombast von Hohenheim. Realizó estudios en la universidades de Basilea y Viena, y obtuvo un doctorado en la Universidad de Ferrara. Muy joven, estuvo al servicio del Estado de Venecia como médico militar. Entre sus obras más importantes está el *Gran libro de cirugía*, publicado en 1536. Allí Paracelso contradijo la versión tradicional que veía la cirugía como una actividad por fuera del ámbito de la medicina y a cargo de los barberos. En contraste, hizo una aproximación más moderna y empírica de esta actividad médica. Fue pionero en buscar tratamientos químicos a las enfermedades y fue el fundador de la tradición iatroquímica. Realizó también estudios de alquimia, con el fin de encontrar la manera de transformar elementos como el plomo en oro. Es conocido, además, por haber defendido la idea de que el cinc era un elemento nuevo y, de hecho, le asignó su nombre. Paracelso murió en Salzburgo, actual Austria, a la edad de 47 años.

Aunque estas nociones eran familiares entre alquimistas, Paracelso fue uno de los primeros médicos en hacer uso de elementos químicos en sus prácticas medicinales (iatroquímica). En este sentido, asumió un ataque radical contra la manera como se suministraban las medicinas en su época, pues consideraba que la dosificación no estaba bien regulada en relación con la enfermedad de los pacientes. Para él, la enfermedad y la salud tienen una relación directa con la noción de armonía: el microcosmos humano debía tener un vínculo armónico con la naturaleza (el macrocosmos).

Como parte de su herencia hermética, Paracelso creía que el macrocosmos universal estaba en cada ser humano como un microcosmos, existían siete planetas en el cielo y siete centros en el cuerpo humano. La salud estaba relacionada, entonces, con la forma como el cuerpo humano era capaz de mantener un balance entre todos sus elementos minerales. Paracelso tenía, además, la certeza de que existían elementos químicos capaces de contribuir a restaurar dicho equilibrio y así curar las enfermedades[28].

[28] Véase Allen Debus, *Man and Nature in the Renaissance* (Cambridge: Cambridge University Press, 1978), 16-33.

La verdad para Paracelso, una vez más, cercano a la tradición hermética, debe buscarse en la experiencia directa. El fin de la ciencia es el control humano de la naturaleza. La práctica de los alquimistas constituye un buen ejemplo de aquel ímpetu por el control de la naturaleza, que es evidente en las prácticas de los magos. Este mismo propósito atraviesa las prácticas que, en nuestro sentido moderno del término, consideramos científicas. Los alquimistas creían que era posible llegar a tener un dominio del mundo natural por medio de un conocimiento detallado, profundo y experimental de sus elementos. Desde esta perspectiva, no parece tan absurdo unir los nombres de Paracelso y de Newton para hablar de una tradición experimental en la que, más allá de las fronteras impuestas por las etiquetas de "científico" o "anticientífico", se tenía la confianza de poder descubrir, por medio de experimentos, los secretos de la naturaleza[29].

[29] Véase Webster, *De Paracelso a Newton*.

Capítulo x

UN NUEVO MUNDO AL OTRO LADO DEL MAR

En los siglos xv y xvi, además de viajar en el tiempo en busca de los fundamentos de una nueva filosofía y una nueva estética en el pasado romano y griego, los europeos realizaron inéditos y extraordinarios viajes de exploración que enfrentaron a los cristianos con nuevos mundos. La conquista de grandes océanos y el encuentro con continentes, criaturas y pueblos desconocidos, nunca antes vistos por los europeos, cambiaron de manera notable su historia y la de buena parte del planeta.

No es posible datar el momento preciso en el que comenzó el llamado "proceso de globalización" y tampoco hay fecha de nacimiento para algo como el comercio mundial o una ciencia universal, pero no cabe duda de que el siglo xvi fue testigo de transformaciones sin precedentes a escala global. En un proceso largo y complejo, la Europa cristiana construyó y expandió su autoridad en términos globales. Esto no fue el resultado de una revolución epistemológica o la simple emergencia de un nuevo método científico; fue más el resultado de un conjunto de prácticas que no podemos analizar de manera aislada a los contextos políticos, religiosos y estéticos. Es decir, para entender la emergencia de una ciencia de alcance global, es necesario comprender cómo se dio la expansión europea.

No es una coincidencia que Francis Bacon escogiera como frontispicio para su *Instauratio magna*, de 1620, la imagen de un barco que ha salido del Mediterráneo a explorar nuevos horizontes (véase la imagen x.1.). Como el mismo Bacon lo expresa en su *Novum organum*, "No podemos ignorar el hecho de que los viajes y expediciones a lugares remotos que son frecuentes en nuestro tiempo, nos han develado muchas cosas nuevas en la naturaleza que iluminan la filosofía"[1].

Una de las ideas más comunes para explicar la historia de Europa del siglo xvi es la noción de *descubrimiento*. Es frecuente identificar la expansión europea del siglo xvi con la "era de los descubrimientos", lo cual tiene profundas implicaciones sobre nuestra visión de una historia moderna centrada en Europa. La concepción del gran descubrimiento de América por Cristóbal

[1] "Nor should we ignore the fact that distant voyages and overland travels which have become frequent in our day, have opened up and revealed to us many things in nature which can throw new light on philosophy". Francis Bacon, *Novum organum*, citado en Klaus Vogel, "European Expansion and Self-Definition", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 839. Traducción propia.

IMAGEN X.1. Instauratio magna, *Francis Bacon, Londres, 1620*

Bacon eligió como frontispicio de su *Instauratio magna* la imagen de un barco que regresa de los confines del Mediterráneo y cruza las columnas de Hércules en el estrecho de Gibraltar, representación que evoca la superación de los límites del mundo conocido en la Europa medieval. En la parte inferior de la imagen se destaca la frase: "Muchos viajarán y el conocimiento aumentará" (una profecía bíblica del libro de Daniel, 12, 4). La elección de esta cita bíblica parece muy apropiada para iniciar su gran obra filosófica acerca de los fundamentos de una nueva y poderosa ciencia, ya que por intermedio suyo sería posible "extender el poder humano sobre el universo"[1].

FUENTE: "Bacon Great Instauration Frontispiece", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de julio del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/UwNKnm.

[1] Francis Bacon, *Novum organum* (Barcelona: Fontanella, 1979), 39

Colón en octubre de 1492 es de amplia aceptación, pero conlleva varias dificultades. En primer lugar, se trata de un continente habitado por complejas culturas desde mucho tiempo antes del arribo de los primeros europeos. Muy seguramente los nórdicos —otros han argumentado que también los chinos[2]— llegaron a América antes de Colón; sin embargo, más relevante que entrar en debates sobre cuándo y quiénes fueron los primeros no americanos que llegaron a América es entender las implicaciones de la tradicional narración de descubrimiento.

Un *descubrimiento* supone una gesta heroica o un logro individual en el cual alguien, en un momento específico, ve o encuentra algo que nadie ha visto antes. Además, con este se asume que el objeto descubierto existía como tal, en sí mismo, antes e independientemente de su descubridor. Tal noción de descubrimiento ha sido central en la construcción de la idea de la ciencia moderna, la cual, a su vez, ha sido fundamental en la consolidación de la Europa occidental como el centro y la fuerza rectora de la historia del mundo moderno. Los descubrimientos, en particular los geográficos, son presentados como mecanismos de apropiación en los cuales los descubridores reclaman derechos de posesión y dominio sobre los lugares y los pueblos descubiertos.

Con la noción de descubrimiento se asume un proceso unidireccional y asimétrico, en el cual los lugares no europeos y sus poblaciones aborígenes son reducidos a un objeto cuya realidad depende de un logro europeo. América, por ejemplo, parece entrar en la historia en 1492, solo cuando Europa reconoce su existencia y acepta su realidad. De esta manera, las narrativas del descubrimiento constituyen celebraciones de poder de los seres humanos sobre la naturaleza, contribuyendo a la idealización de las prácticas científicas por medio de las cuales la cultura occidental reclama control y dominio sobre el mundo.

El grabado de Johannes Stradanus, publicado en 1638 (véase la imagen x.2.), hace parte de la serie *Nova reperta* y presenta distintos elementos alegóricos de la tradicional narración del encuentro de Europa con el Nuevo Mundo[3]. El "descubrimiento" en esta imagen sugiere el despertar de una América adormecida. Las figuras centrales del grabado son el "descubridor" y lo "descubierto". Las naves parecen traer el curso de la historia que encuentra una naturaleza abandonada, representada por extrañas bestias. La figura de Vespucio encarna una Europa masculina y cubierta con elaborados

[2] Sin mucho éxito entre historiadores profesionales, Gavin Menzines se ha empeñado en mostrar que las poderosas flotas chinas al mando de Zheng He llegaron a América a inicios del siglo XV. Véase Gavin Menzines, *1421: The Year China Discovered the World* (Nueva York: Harper Perennial, 2004).

[3] Esta imagen ha sido ampliamente comentada, véase, por ejemplo, José Rabasa, *Inventing America: Spanish Historiography and the Formation of Eurocentrism* (Norman: University of Oklahoma Press, 1993), 23-48.

IMAGEN X.2. *"América descubierta" Jan Galle, inspirado en la obra de Johannes Stradanus, plancha n.º 1 de* Nova reperta, *1600, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York*

Europa aparece representada por la figura del explorador cristiano Américo Vespucio, quien descubre a América, una figura femenina desnuda que parece esperar de manera pasiva la llegada de la civilización europea.

FUENTE: "'America' (Engraving) Nova reperta (Speculum diuersarum imaginum speculatiuarum 1638)", *Wikimedia Commons*, última modificación 6 de agosto del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/L1zXih.

vestidos; en sus manos lleva una cruz y un astrolabio: la religión y la ciencia. Por su lado, "América" está representada por una mujer desnuda que, sobre una hamaca, espera y le da la bienvenida al curioso conquistador. La idea central del grabado está en el encuentro y la contraposición entre la cultura y la naturaleza, entre Europa y América.

Las poderosas naves en la costa contrastan con lo que podría ser un rudimentario remo que reposa sobre el árbol. El conocimiento y la técnica se encuentran con un mundo cuyo principal distintivo es la ausencia de cultura y civilización. En la escena del fondo podemos apreciar una fogata en la cual se prepara carne humana. La antropofagia fue un lugar común en las representaciones de los nativos americanos, que exalta su estado de barbarie y, por lo tanto, el imperioso llamado a la civilización y al cristianismo[4]. Los

[4] Sobre el tema del canibalismo véase Frank Lestringant, *Cannibals: The Discovery and Representation of the Cannibal from Columbus to Jules Verne* (Berkeley: University of California Press, 1997).

animales que allí aparecen, un oso perezoso y un tapir, son señales de letargo y monstruosidad, de una naturaleza errante, dispersa y carente de orden. Todos estos motivos aparecen con menos claridad y protagonismo que los elementos que representan al descubridor y sus instrumentos —el astrolabio, la bandera, la cruz, la carabela—. Vespucio trae los elementos para despertar a América, para cubrirla, nombrarla y domesticarla. La riqueza y novedad de la flora y la fauna son ya emblemáticos del Nuevo Mundo.

Más que un evento puntual de "descubrimiento", lo que ocurrió en el Atlántico del siglo XVI debe explicarse como un proceso extendido de apropiación, en el cual el Nuevo Mundo fue incorporado de forma gradual a la cultura europea, un proceso mediante el cual Europa se transformó y construyó su propia identidad. La autopercepción de Europa como marco de referencia universal y la construcción de un lenguaje común europeo para comprender el mundo fue posible en la medida en que el mundo cristiano se enfrentó a un contexto distinto y creó mecanismos que le permitieron transformar lo extraño, ajeno y lejano en algo familiar y propio. El Nuevo Mundo que emergió en el siglo XVI no se limitó al continente americano, también incluyó la conformación de una nueva Europa y un orden global distinto.

El surgimiento de una nueva cosmografía, la incorporación paulatina de una parte hasta entonces desconocida del globo dentro de la cartografía clásica, las detalladas descripciones de los animales, plantas y culturas por medio de referentes domésticos, el uso de nombres cristianos familiares y, en general, la producción de textos e imágenes fueron las estrategias principales en la tarea de domar lo salvaje. En este sentido, los viajes de exploración y la necesidad de crear catálogos e inventarios de la naturaleza, la producción de mapas, los estudios de la población, del clima o de la medicina en tierras extrañas fueron todas prácticas fundamentales en la consolidación de la Europa moderna. No obstante, los logros de los ibéricos católicos en la exploración global del siglo XVI, en la mayoría de las narraciones del nacimiento de la ciencia moderna, han tenido poca atención.

El debate sobre la ciencia ibérica y su papel en la modernidad es legítimo y resulta difícil justificar que la península ibérica y el mundo católico de la temprana modernidad hayan sido ignorados por la historiografía de la ciencia moderna por fuera de España y Portugal. Hoy es un campo que, con razón, presenta un desarrollo notable, y no hay duda de que enfrenta a los historiadores de la ciencia con retos interesantes. El tema tiene riesgos que debemos tener presentes y en la medida de lo posible evitarlos. Un evidente peligro es caer en disputas de tono nacionalista. Agendas o sentimientos nacionalistas a la hora de pensar históricamente han sido y son una causa del empobrecimiento de nuestra comprensión del pasado. La apología de la contribución y los méritos de una u otra nación a la historia de la ciencia puede ser aburrida y, asimismo, conduce a miradas anacrónicas y parciales

del pasado. En este caso particular, es obvio que las actuales España y Portugal son muy distintas a las monarquías del siglo XVI, de manera que preguntarse por las contribuciones españolas o portuguesas a la historia de la ciencia en la temprana modernidad es problemático.

Por otro lado, está el peligro de retomar debates que han perdido su vigencia sobre el nacimiento de la ciencia moderna. Como hemos visto, la idea misma de una gran revolución científica que dio origen a la ciencia como la entendemos hoy carece de atractivo, y cualquier intento por entender la naturaleza de la ciencia occidental como el resultado de un momento, episodio o lugar específico está destinado al fracaso. Tampoco es posible reducir el pasado de la ciencia a la historia de las ideas o de logros de individuos. Por ende, el tema que nos interesa comentar en este capítulo, la conquista europea del mar y su relación con la historia de la verdad occidental, debe ser entendido como un conjunto de complejas prácticas colectivas, que son imposibles de presentar en términos de descubrimientos, invenciones o ideas de individuos aislados en los confines de una u otra nación.

Del mismo modo, no creemos que el punto sea indagar qué tan "modernos" fueron los católicos ibéricos del siglo XVI, lo cual supondría tener un referente unívoco de modernidad con el cual comparar el mundo ibérico, y que estamos lejos de tener a la mano. No obstante, es útil recordar que la mayoría de los tratados influyentes de náutica ibéricos se produjo antes de la publicación de la obra de Nicolás Copérnico en 1543. Todos ellos, como es obvio, defendieron una cosmología aristotélico-ptolemaica, no obstante develaron claras y contundentes diferencias con las autoridades de la Antigüedad.

El mundo de la tradición aristotélico-ptolemaica y cristiana estuvo compuesto, hasta los inicios del siglo XVI, por tres grandes partes: Europa, Asia y África. Por tanto, la existencia de una cuarta parte del mundo condujo a una radical revolución en geografía. Otra concepción geográfica presente en textos como los de Claudio Ptolomeo o Plinio Segundo, y por lo tanto difundida y arraigada en las tradiciones cultas de la Edad Media y el temprano Renacimiento, fue el supuesto de que los únicos lugares del planeta susceptibles de ser habitados por los seres humanos eran los de climas templados, pues la zona tórrida, con sus altas temperaturas, no era un lugar adecuado para la vida y menos aún para la civilización. Esta fue una de las verdades de la cosmografía clásica que fue cuestionada a partir de la evidencia aportada por los exploradores del Atlántico.

Por el momento, es suficiente de alarmas y advertencias historiográficas. Es hora de formular y enfrentar la pregunta sobre el papel ibérico en la ciencia moderna de otra manera. A pesar de las anteriores aclaraciones, de lo que sí estamos seguros es de que una mejor comprensión de las prácticas científicas y tecnológicas involucradas con la expansión europea en el siglo XVI puede ayudarnos a construir una imagen más completa de la modernidad y del

Renacimiento en la Europa cristiana. No es entonces nuestra intención buscarle raíces ibéricas a la ciencia occidental ni proponer un nuevo lugar o una nueva fecha de nacimiento. Tampoco podemos negar que en el siglo XVI la península ibérica fue testigo de la emergencia de robustas instituciones, la consolidación de complejas redes de carácter científico y tecnológico, la gradual construcción de formas de observación y medición precisas y estandarizadas, y que los viajes de exploración trajeron consigo una suma de nuevas experiencias que pusieron en tela de juicio los grandes paradigmas de la geografía y la historia natural clásicas.

¿Qué relación hay entre la conquista del mar y de nuevos continentes en el siglo XVI, la historia de la verdad y la historia política en Occidente? En lo que sigue trataremos de mostrar cómo fue posible y qué consecuencias tuvo la conquista cristiana de los mares, con lo cual, además, se hace clara la necesidad de tomar en serio el desarrollo de nuevas técnicas de navegación como un capítulo clave en la historia de la ciencia moderna, hasta hace poco inadvertido por las más influyentes narraciones sobre la emergencia de una ciencia global. Klaus Vogel llama nuestra atención al señalar una relación directa entre la expansión imperial de Europa y la ciencia moderna[5]. Para este autor, las prácticas científicas relacionadas con la expansión europea, como la náutica, la historia natural y la cartografía, nos permiten entender el surgimiento de una nueva idea de Europa. Su propuesta puede ser un punto de partida apropiado para comprender la relación entre eurocentrismo y la noción de un tipo de conocimiento único y superior.

El crecimiento del conocimiento y la innovación tecnológica en navegación, cartografía, historia natural, ingeniería, minería y medicina que desarrolló Europa en los siglos XV y XVI son prácticas sin las cuales no sería posible entender el poder imperial. La cuestión de si estos proyectos científicos y tecnológicos fueron bases de una revolución científica es menos interesante que la tarea de mostrar la relación duradera entre ciencia e imperio, entre la exploración del Atlántico y la consolidación de un orden global, en la cual la cultura europea en expansión se convirtió en el marco de referencia dominante. Este proceso de apropiación y consolidación de un control global europeo fue, a su vez, un logro político, tecnológico y científico.

La expansión europea desde el siglo XV en adelante fue posible gracias a que los portugueses y los españoles desarrollaron nuevas tecnologías en navegación, en astronomía y cartografía. Pero, al mismo tiempo, la exploración de nuevos mares y tierras fue una fuente permanente de nuevo conocimiento en historia natural, astronomía y geografía. "El encuentro con tierras, animales, plantas y personas desconocidas —afirma Klaus Vogel—, extendió las fronteras del conocimiento del mundo antiguo y medieval, y transformó los

[5] Vogel, "European Expansion and Self-Definition", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 820.

marcos teóricos con los cuales se pensaba la naturaleza"[6]. Es decir, el crecimiento de la ciencia y las innovaciones tecnológicas del siglo XVI fueron tanto una condición como una consecuencia de la expansión imperial de Europa.

La conquista del mar

La historia de la exploración humana de la Tierra, sobra decir, se inició mucho antes de los viajes de Colón y lejos de la Europa cristiana. A pesar de ello, es innegable que a finales del siglo XV y a lo largo del siglo XVI los navegantes cristianos, y los ibéricos en particular, abrieron rutas, cubrieron grandes distancias y pusieron en contacto lugares del globo y culturas que se desconocían por completo. La superficie del planeta está compuesta en tres cuartas partes de agua y, por lo mismo, cualquier proyecto de conquista, exploración o comercio global supone el dominio de los grandes océanos.

No es este el lugar para hacer un recuento completo de la expansión marítima europea del siglo XVI, pero bastará con recordar algunos nombres para tener una idea de la magnitud de la empresa de exploración que tuvo lugar en menos de cincuenta años en los albores del siglo XVI. El almirante Cristóbal Colón buscó una ruta alterna para comerciar con Oriente y logró cruzar el Atlántico cuatro veces; y si bien murió sin saberlo, en el camino encontró un continente nuevo para los europeos. Vasco de Gama llegó a la India desde Lisboa y regresó a la capital lusitana en algo más de dos años de viaje circunnavegando el continente africano. Pedro Álvares Cabral, tras un viaje de más de cuarenta días, llegó a las costas de Brasil, mientras que Américo Vespucio, Juan de la Cosa, Vasco Núñez de Balboa y Alonso de Ojeda, entre otros, reconocieron buena parte de la costa oriental americana. Fernando de Magallanes insistió en la idea de Colón de encontrar un paso al Oriente navegando en dirección occidental, y partió en una expedición que le dio la vuelta al mundo. Navegantes y cosmógrafos vascos como Andrés Urdaneta y Miguel López de Legaspi dominaron el Pacífico y tomaron posesión de las islas Filipinas. Todo esto ocurrió en pocas décadas y, por primera vez en la historia del mundo, un pueblo —el mundo cristiano— vio posible la conquista del globo entero.

La exploración ibérica del Atlántico, en la primera mitad del siglo XVI, consolidó dos ejes comerciales y dos grandes monopolios: el que se creó entre Portugal y la India, más específicamente entre Lisboa y Goa, y el que se estableció entre España y América, que vinculó a Sevilla con distintos puertos

[6] "Encounters with unknown lands, animals, plants, peoples expanded the frontiers of the ancient and medieval knowledge of the world and changed theoretical understanding of nature". Vogel, "European Expansion and Self-Definition", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 818. Traducción propia.

en el Caribe y el golfo de México. Estas fueron las dos principales redes comerciales de Europa por fuera del Mediterráneo y también las bases sobre las cuales se construyó un nuevo orden mundial en el que la Europa cristiana proclamaría su dominio sobre buena parte del planeta.

La expansión global de la Europa cristiana tuvo motivaciones religiosas y comerciales, y fue posible gracias al desarrollo de un conjunto de capacidades técnicas y conocimientos que involucraron una poderosa ingeniería naval y una nueva ciencia de la navegación que combinó la experiencia del marino con los conocimientos más teóricos del cosmógrafo. Antes del siglo XVI, las naves que dominaron el comercio en el Mediterráneo fueron las grandes galeras, que tenían la ventaja de compaginar el uso de velas y el viento con la fuerza humana. Naves con numerosos remeros se pudieron dirigir en cualquier dirección con buena velocidad, sin que necesariamente el viento fuera favorable. No obstante, estas ventajas se convirtieron en un problema para travesías más largas, en las que era necesario llevar provisiones y agua para tripulaciones numerosas. Travesías trasatlánticas requerían naves diferentes, con una tripulación menos numerosa y un uso óptimo de la fuerza del viento. Además, estas debían ser veloces y resistentes. Por ser naves de exploración en lugares y costas desconocidas, su calado tenía que ser modesto, para poder acercarse a tierra sin mayores riesgos de encallar.

El tráfico de barcos se incrementó de forma continua desde el regreso de Colón. Entre 1506 y 1600 partieron al Nuevo Mundo más de seis mil barcos[7], lo cual, teniendo en cuenta los costos y la complejidad de una sola de estas naves, supone una industria colosal: la suma de múltiples oficios para el trabajo en madera, el tejido de velas, la manufactura de cuerdas, poleas, herrajes y clavos de metal. Más novedoso aún, la industria naval requirió de la sistematización de saberes y de la estandarización de unidades de medida. Así, las carabelas, y un poco más tarde los grandes galeones, fueron al mismo tiempo logros y poderosos instrumentos de las monarquías cristianas del Renacimiento.

Podemos argumentar que los avances más notables de tipo científico y tecnológico relacionados con la exploración del mar no se dieron en la construcción de las naves, sino en el uso de técnicas astronómicas para la localización geográfica. La salida del Mediterráneo implicó un tipo especial de retos para los navegantes, relacionado con su capacidad de orientación en mares desconocidos, sin mapas ni referentes visuales, sin caminos ni faros, sin personas a quién pedir indicaciones sobre rumbos ni destinos. Allí, la astronomía, la posición de los astros y la estandarización de formas de observación y medición comenzaron a ser parte esencial del arte de navegar. En el cielo —o mejor, en sus instrumentos de observación y sus cartas de marear—

[7] José Martínez, *Pasajeros de Indias: Viajes transatlánticos en el siglo XVI* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1999), 161.

y no en el horizonte, los navegantes pudieron reconocer su posición sobre la Tierra, definir sus rumbos, visitar lugares desconocidos y, lo más importante, regresar a casa.

La "navegación de altura", como se llamó a estas nuevas técnicas de orientación geográfica, debió incorporar tradiciones cosmográficas y cartográficas clásicas, y ponerlas al servicio de pilotos y marinos con experiencia en el mar. La exploración y conquista del Nuevo Mundo, y la consecuente configuración de un nuevo orden mundial, fueron el resultado de una ambiciosa empresa de expansión religiosa y comercial que solo se dio en la medida en que se desarrolló y puso en práctica lo que pudo haber sido la más grande empresa política, técnica y científica de la historia. El gran logro de poner en marcha imperios trasatlánticos y de construir una eficiente administración colonial, de por sí un problema técnico y normativo, fue inseparable de una intensa actividad científica, con el objetivo fundamental de controlar lugares y pueblos remotos. El problema principal del control imperial fue el de una comunicación a distancia eficiente entre la metrópoli y las nuevas tierras separadas de Europa por inmensos mares.

Las noticias que trajo Colón de su primer viaje iniciaron un cambio dramático en los planes imperiales españoles. Desde 1492 en adelante, la Corona española enfrentó retos mayores. Con el pasar de los años y el incremento de expediciones y nuevos hallazgos, las Indias Occidentales se convirtieron en una prioridad del Gobierno imperial.

Sevilla y el reto del control a distancia

La conquista de distantes e inusitadas extensiones de mar y tierra implicó la creación de una organización política y técnica, con visibles consecuencias sobre la historia de la ciencia y del mundo moderno. La Corona española, teniendo el precedente de la Casa da Índia lusitana, quiso controlar la empresa de la conquista del Atlántico desde Sevilla, donde se fundó en 1503 la Casa de Contratación, la cual fue responsable de todos los asuntos comerciales con el Nuevo Mundo.

Muy pronto, la Casa de Contratación, más que un lugar de almacenamiento o una aduana, se transformó en una compleja institución a la cual se le asignó una extensa lista de funciones comerciales, técnicas y judiciales. Su misión general se tradujo en labores específicas, tales como garantizar las condiciones de navegabilidad de los barcos, conceder las licencias necesarias para emprender viaje, confeccionar las memorias (registros) de todo lo embarcado con destino a las Indias, cobrar los derechos mercantiles, organizar e inspeccionar las flotas, adiestrar y examinar a los pilotos, y elaborar y controlar el uso de instrumentos y cartas de navegación. Estas últimas formaron parte de un proyecto científico mayor, la elaboración de un gran

IMAGEN X.3. *Sevilla, Rombout van den Hoeye, vista de Sevilla, 1650-1670*

FUENTE: Biblioteca Nacional de España, https://goo.gl/soh79j.

mapa del mundo o Padrón Real[8]. Todas fueron tareas con un alto componente técnico y demandaron la articulación de múltiples oficios y un sofisticado grado de sistematización.

La empresa ibérica de explorar los grandes mares, de catalogar, nombrar y describir la naturaleza y geografía del Nuevo Mundo fue una aventura colosal y sus resultados, notables: embarcaciones más eficientes en largas travesías, manuales e instrumentos de navegación, complejos debates legales y morales, descripciones etnográficas detalladas, estudios lingüísticos, enciclopedias de historia natural, tratados de botánica medicinal, toda una industria cartográfica y una renovada cosmografía. Estos productos científicos y tecnológicos no solo le sirvieron a España en su propósito de controlar el Nuevo Mundo sino que circularon fuera de España y le mostraron al mundo cristiano un horizonte diferente.

[8] Véanse Antonio Sánchez, *La espada, la cruz y el Padrón: Soberanía, fe y representación cartográfica en el mundo ibérico bajo la monarquía hispánica, 1503-1598* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2013); Carlos Sánchez, "La Casa de la Contratación y la historia cultural", en Antonio Acosta, Adolfo González y Enriqueta Vila, *La Casa de la Contratación y la navegación entre España y las Indias* (Sevilla: Universidad de Sevilla, 2003), 546.

La información que llevaron a Europa los marineros y exploradores del Nuevo Mundo requirió de la sistematización y la definición de reglas comunes para la compilación de experiencias y observaciones. Los grandes retos técnicos del Imperio, tales como la navegación trasatlántica, la manufactura de mapas o la elaboración de catálogos de objetos naturales habría sido imposible sin reglas para normalizar la experiencia. La multitud de exploradores y marineros con experiencias individuales y sin códigos estables de observación hubieran sido inútiles. Para que semejante tarea de acumulación de información fuera exitosa se hicieron necesarios el entrenamiento y el trabajo de muchas personas y la articulación de sus tareas en poderosas instituciones.

La Casa de Contratación en Sevilla pronto dejó de ser un centro de control comercial para convertirse en un lugar para la formación y entrenamiento de pilotos, cartógrafos y cosmógrafos, y fue el centro de grandes debates científicos y retos tecnológicos. La acumulación de estas experiencias hizo más segura la navegación y más eficiente el comercio; pero aún más significativo, hizo posible la movilización de datos, acumulación de información y conocimientos que permitieron la apropiación europea del Nuevo Mundo, la transformación de la *terra incognita* en la "América española".

Lo que resulta novedoso, particular e interesante de los tratados de náutica, cosmografía e historia natural españoles, y del uso que estos hicieron de las tradiciones clásicas, fue su apuesta por resolver problemas prácticos relacionados con la expansión imperial. El trabajo de los cosmógrafos españoles del siglo XVI tuvo un sentido práctico y un claro propósito de servir a la Corona de los Habsburgo. La historia de la reglamentación de la administración colonial se combinó de manera inseparable con la historia de la ciencia. El registro minucioso de datos, basado en la confiabilidad de los hechos observados, que requirió el desarrollo de la náutica, la cartografía o la historia natural no fue muy distinto al que realizaba un funcionario de la Corona entrenado para registrar en un lenguaje legal eventos o transacciones.

La Casa de Contratación, como hemos mencionado, cumplió diversas funciones, pero más que nada fue un lugar de registro, un centro para recopilar y acumular información. Llevar "registro" es una tarea de escritura, es la producción de textos, listas, tablas, mapas o crónicas. En la Casa se sumaron diversos esfuerzos por formalizar las prácticas de escritura y estandarizar la representación visual del mundo natural. De esta manera, la Casa de Contratación operó como un "centro de cálculo"[9], para lo cual fue necesario obtener y construir artefactos, y formalizar oficios técnicos para

[9] La noción de *centro de cálculo* fue introducida en la sociología de la ciencia por Bruno Latour, al referirse a emplazamientos o lugares en los cuales se acumula información y se produce conocimiento. Véase Bruno Latour, *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad* (Barcelona: Labor, 1992).

garantizar la optimización y la buena administración del comercio y la expansión imperial[10]. Así pues, los temas de orden burocrático, comercial, jurídico, náutico, cartográfico, de historia moral e historia natural deben ser entendidos como elementos de una misma empresa política, científica y religiosa. El estado imperial católico fue una organización técnica y científica, y la ciencia y la tecnología un asunto de gobierno al servicio tanto del rey como de Dios.

El arte de navegar

Con el fin de reunir todos los conocimientos necesarios para la navegación, en el siglo XVI aparecieron en portugués y en español una serie de tratados con una estructura similar, cuya influencia en la historia de la náutica europea es clara. Estos manuales constituyen un capítulo importante en la historia de la ciencia occidental. Siguiendo la cosmografía clásica ptolemaica y con un arsenal de nuevas experiencias de viajeros, surgió en España una tradición científica de alto contenido teórico al servicio de las necesidades concretas del Imperio. Sevilla fue entonces el centro de producción de un conjunto de textos que combinaron la cosmografía clásica y los nuevos retos de la navegación trasatlántica.

El marco teórico sobre el cual se construyó este nuevo arte de navegar supone una concepción del mundo propia de la tradición griega, principalmente de Aristóteles, y una astronomía cuyos fundamentos se remontan a la astronomía y cosmografía de Claudio Ptolomeo del siglo I. Como señalamos en el capítulo VI sobre la universidad medieval, una síntesis accesible y de amplia circulación en la Europa medieval de estas nociones de cosmología aristotélico-ptolemaicas se recopilaron en la obra de Juan Sacrobosco, *Tratado de la esfera* (1220). A partir de la traducción latina de Gerardo de Cremona (1114-1187) del *Almagesto* de Ptolomeo, Sacrobosco produjo un texto de fácil lectura, que tuvo una amplia circulación en sus versiones manuscritas y más de cuarenta versiones impresas entre 1472 y 1647. Casi todas las ediciones de manuales de navegación del siglo XVI hicieron uso de este texto. A los conocimientos clásicos de cosmografía y geografía se deben sumar las más confiables observaciones astronómicas, que se reúnen en "regimientos": tablas de la declinación del Sol claves para determinar la latitud. En este punto, Abraham Zacuto (1452-1510) y el *Almanach perpetuum celestium motuum* fueron un insumo clave.

[10] Sobre la Casa de Contratación véase el amplio estudio de Ernesto Shäfer, *El Consejo Real y Supremo de las Indias: Historia y organización del Consejo y de la Casa de Contratación de las Indias* (Madrid: Junta de Castilla y León y Marcial Pons Historia, 2003); entre los análisis más recientes podemos destacar el de Antonio Barrera, *Experiencing Nature: The Spanish American Empire and the Early Scientific Revolution* (Austin: University of Texas, 2006).

Un manual de náutica pionero fue el tratado portugués conocido como *Regimento do astrolabio y do quadrante*. Su primera edición se hizo posiblemente en 1509. El *Regimiento* combina tres campos de conocimiento: los principios de cosmología ptolemaica, las reglas para encontrar la posición sobre la esfera terrestre y las tablas de declinación de Zacuto. Este primer *Regimiento* portugués parece haber sido el modelo para un buen número de textos con propósitos, estructura y contenido similares. En los siglos XVI y XVII los conocimientos geográficos y náuticos sufrieron notables cambios, pero se puede rastrear una tradición de sistematización de conocimientos de navegación que tiene sus raíces en la península ibérica. Entre los autores españoles de manuales de náutica con mayor difusión en el siglo XVI podemos destacar los de Martín Fernández de Enciso, Pedro de Medina, Diego García de Palacio y Martín Cortés.

La influencia de estos autores por fuera la península ibérica es innegable. Así lo reflejan —no siempre de manera explícita— los manuales de náutica de los siglos XVI y XVII publicados fuera de España, en Inglaterra, Francia, Holanda e Italia. Sabemos que el navegante inglés Stephen Borough visitó la Casa de Contratación y vio la necesidad de implementar en Londres un proyecto similar. En su momento, la propuesta no tuvo éxito, pero como resultado del llamado de Borough, Richard Eden, notable promotor del estudio del mar en Inglaterra, tradujo el *Arte de navegar* de Martín Cortés, el cual se convirtió en el manual de navegación de una generación de marinos ingleses.

A lo largo del siglo XVII se publicaron en Inglaterra, Holanda y Francia tratados de náutica que sustituyeron en dichos países los tratados ibéricos, pero por décadas siguieron siendo referencias autores como Cortés y Medina. John Davis con *The Seaman Secrets* (Londres, 1594), Edward Wright con *Certain Errors in Navigation* (Londres, 1599), Robert Recorde con *The Castle of Knowlege* (Londres, 1556) y Michiel Coignet con *Nieuwe onderwijsinghe, op de principaelste Punten der Zeevaert* (Amberes, 1580) son algunos ejemplos de autores y manuales de amplia difusión, y en los cuales es evidente la influencia de autores ibéricos.

Las naves inglesas que viajaban a Nueva Inglaterra llevaban una pequeña biblioteca con literatura básica. John Smith, en su *Sea Grammar* de 1627 recomienda una lista de publicaciones para la cabina de cualquier piloto, junto con Edward Wright, John Davis, Lucas Janszoon Waghenaer, entre otros, setenta años después de su publicación, incluye la versión inglesa de *Arte de navegar* de Martín Cortés.

El proyecto de formar pilotos confiables, la creación de una escuela para este fin en Sevilla, la impresión de los textos mencionados y la manufactura de instrumentos y cartas tuvieron un claro propósito: transformar las experiencias de todos los pilotos en conocimiento confiable; es decir, en un lenguaje estable que permitiera la suma de datos con un marco de referencia

común. Desde el punto de vista de la historia de la ciencia, la publicación y uso de estos tratados es de enorme interés por su impacto dentro y fuera de la península ibérica, y porque en ellos se buscó articular los principios teóricos de la ciencia matemática con las experiencias y los requerimientos concretos de una gran empresa imperial en el Atlántico.

Tanto la navegación como la cartografía suponen un cometido central: la estandarización en la observación y la medición. La homogenización de unidades de medida es definitiva para obtener las correctas proporciones en la construcción naval, al igual que para el manejo de las cargas, de lastre y número de pasajeros. Lo anterior implica precisión en el uso de unidades de peso y distancia: una vara, un codo, un pie, una pulgada, una tonelada deben ser lo mismo en Sevilla, Londres, Ámsterdam, Goa o México.

La necesidad de estandarización es aún más apremiante a la hora de resolver problemas de localización geográfica y para una cartografía precisa que requiere equivalencias y definiciones estables. Qué es una legua o cuánto mide un grado de latitud o longitud sobre el globo son problemas cruciales a la hora de viajar o hacer un mapa. La estandarización supone acuerdos y convenciones, que se hacen efectivos como el resultado de prácticas colectivas que implican el uso de artefactos y de instrumentos de medición calibrados.

La navegación de altura, la elaboración de cartas de marear y la posibilidad misma de un mapa del mundo conllevan un grado de precisión en las observaciones astronómicas imposible de lograr sin la ayuda de artefactos. Sin estos pequeños y, en apariencia, simples aparatos, no existiría nada similar a los imperios de la Europa moderna. Sin astrolabios, agujas de marear y relojes de arena, los europeos no habrían salido de los confines del Mediterráneo. Los instrumentos fueron una preocupación central en los manuales de Sevilla, en algunos, el tema principal. Entre estos objetos se destacan: "la carta de marear, compases, astrolabio que pese doce libras y que esté experimentado, ballestilla de sesenta, cuadrante de madera, dos relojes de los de Lisboa, dos pares de agujas de marear, ampolletas de Venecia, candil de cobre, algodón para mechas, y cien brazas de sonda alquitranada, con seis libras de plomada"[11].

No realizaremos acá una descripción de los diversos artefactos involucrados en la navegación oceánica, pero, a manera de ejemplo, será útil recordar uno de los problemas fundamentales de la orientación por fuera del Mediterráneo: la medición de la latitud. Para resolver el problema de la propia localización sobre el globo en lugares nunca antes visitados al sur del ecuador se requirió de astronomía, de la medición en grados de la altura del Sol u otros cuerpos celestes sobre el horizonte. Para que dichas observaciones y

[11] Diego García de Palacio, *Instrucción náutica, para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno conforme a la altura de México* (Madrid: Editorial Naval, 1993), 314.

mediciones tuvieran un nivel de precisión efectiva, fue necesario poner en práctica técnicas y aparatos de observación astronómica que ya eran conocidos, pero entonces en medio de naves sobre un mar inestable.

Tanto el astrolabio, o mejor, una versión simplificada y portátil del astrolabio desarrollada por los árabes, como la ballestilla, era necesaria. En cualquiera de los casos, una vez el piloto o marino estaba familiarizado con los pormenores de la cosmología y la geografía clásica, de una esfera celeste dividida en 360° y coordenadas de latitud y longitud, la teoría era simple. La altura de, por ejemplo, el Sol o la Estrella Polar sobre el horizonte y su correlación con tablas de posición astronómica se traducen en coordenadas de localización geográfica. En el polo norte, la Estrella Polar se observa a 90° sobre el horizonte y en el ecuador a 0°. Lo que parece un problema teórico simple, en la práctica presenta numerosas dificultades. Como es obvio, un barco en movimiento en poco se parece a un observatorio astronómico con instrumentos fijos en tierra firme. En medio del mar se deben utilizar instrumentos de observación y relojes portátiles (astrolabios, ballestillas, ampolletas) puestos a prueba en condiciones adversas, que hacen de las exigencias de precisión mínima un reto mayor.

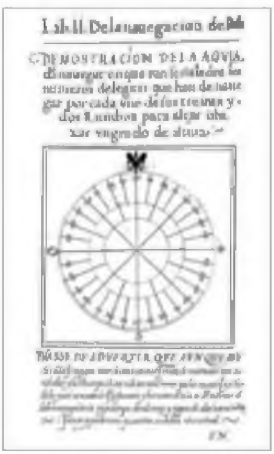
IMAGEN X.4. *"Regimiento de navegación" (libro segundo), Pedro de Medina,* De la altura del Sol, *1563*

FUENTE: Pedro de Medina, Clásicos Tavera, Fundación Mapfre.

IMAGEN X.5. *"Regimiento de navegación" (libro tercero), Pedro de Medina,* De la altura del Norte, *1563*

FUENTE: Pedro de Medina, Clásicos Tavera, Fundación Mapfre.

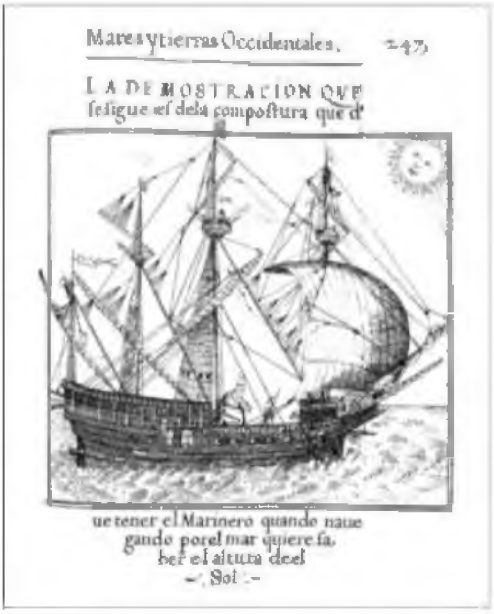
IMAGEN X.6. *Demostración de la aguja de marear, Juan Escalante de Mendoza,* Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales, *1575*



FUENTE: Juan Escalante de Mendoza, Clásicos Tavera, Fundación Mapfre.

Hacer mediciones de la posición geográfica, para el piloto o para el cartógrafo es una práctica mediada por aparatos y marcos teóricos complejos. De ahí la insistencia de la Casa de Contratación de dar instrucciones sobre la manufactura de instrumentos y estudiar la teoría y la práctica de la observación astronómica. Los instrumentos y la articulación de estos con pilotos disciplinados desempeñaron una función clave en esta historia, en la medida en que hicieron posible la recolección de información estable. Las observaciones hechas con escalas comunes y de forma estructurada permitió eliminar las interpretaciones individuales y subjetivas, lo cual, a su vez, garantizó la movilidad de dicha información y la acumulación y producción de conocimiento proveniente de lugares remotos. No olvidemos que una característica esencial de lo que hoy entendemos por conocimiento científico, la idea de una ciencia global, la idea misma de ciencia moderna, supone un lenguaje común, de acuerdos sobre cómo se mide y se observa.

IMAGEN X.7. *"La demostración que se sigue de la postura que debe tener el marinero cuando navegando por el mar quiere saber la altura del Sol", Juan Escalante de Mendoza,* Itinerario de navegación, *1575*



FUENTE: Juan Escalante de Mendoza, Clásicos Tavera, Fundación Mapfre.

Si para la ciencia moderna fue importante la articulación de saberes prácticos y teóricos, como lo señalaremos con insistencia, un contundente ejemplo de la importancia de prácticas artesanales en la conformación del mundo moderno es la náutica, tanto en la ingeniería naval como en la navegación.

La pintura del mundo entero

El proyecto científico más ambicioso, no solo de la Casa de Contratación o de España sino quizá de todo el siglo XVI, podría decirse, fue la manufactura de un mapa del mundo entero, el Padrón Real[12]. No hay mejor manera de organizar extensiones de tierra tan vastas y tanta información geográfica que en un plano de la Tierra. Los mapas permiten acumular tiempo y espacio en una simple y elegante representación plana. La gran virtud de una representación geométrica bidimensional del mundo es la posibilidad de ponerlo en una hoja de papel y sobre una mesa de trabajo, lo cual hace más plausible la idea de control a distancia de una ciudad, una nación o del mundo entero.

En el acápite sobre Isidoro de Sevilla (véase el capítulo VI) incluimos un breve comentario sobre mapas cristianos, cuya función y formas de representación son muy distintos a los de la cartografía geométrica que nos es más familiar. Este giro matemático en la manufactura de mapas precede a los cosmógrafos del siglo XVI y se remonta a la técnicas de representación ptolemaicas. Pero en el mundo ibérico tienen un antecedente importante en la cartografía que se ha llamado portulana. En la segunda mitad del siglo XIII apareció un nuevo tipo de mapas pensados para facilitar la navegación, que buscaban representaciones fieles y detalladas de las líneas costeras y que marcaban rumbos, redes de líneas que confluían en rosas de los vientos y que servían para indicarle al navegante derrotas y vientos. Estos mapas fueron claves para los comerciantes y navegantes del Mediterráneo.

En la tradición culta europea, la representación cartográfica dominante fue la de Claudio Ptolomeo (véase el capítulo IV). La aparición de una cuarta parte del mundo implicó una nueva pintura del mundo e hizo necesario el desarrollo de técnicas cartográficas más precisas, estrechamente relacionadas con la navegación.

Vale la pena, entonces, revisar algunos de los mapas más notables del Nuevo Mundo que se produjeron en el temprano Renacimiento. La cartografía del siglo XVI ha sido estudiada en detalle; sin embargo, una rápida mirada a algunos de los más importantes mapas producidos en las primeras etapas de la exploración española del Nuevo Mundo, en estrecha relación con la

[12] Para una completa y detallada historia del Padrón Real véase Antonio Sánchez, *La espada, la cruz*.

IMAGEN X.8. Mapamundi, *Juan de la Cosa, 1500*

FUENTE: "1500 map by Juan de la Cosa-North up", *Wikimedia Commons*, última modificación 23 de enero del 2014, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/Ybub4X.

Casa de Contratación y personajes como Juan de la Cosa, Américo Vespucio y Diego Ribero, será suficiente para ilustrar el papel de la cartografía como una forma de apropiación y dominio.

Juan de la Cosa, 1500

Una primera representación que incluye América como parte del mundo conocido es el famoso mapa de Juan de la Cosa, de 1500. La carta se ocupa sobre todo de representar el Viejo Mundo: Europa, Asia y África. La novedad del pergamino está en una enorme masa de color verde que aparece en la sección superior del mapa. No había pasado una década desde el regreso de Colón y el mundo ya era notablemente distinto.

Sobre dos pieles pegadas en forma rectangular de 183 cm de alto por 96 cm de ancho, Juan de la Cosa ensambló un mapa del mundo en el cual se presentan en detalle los conocimientos cartográficos del Viejo Mundo, usando

Juan de la Cosa (1450-1509)

Navegante y cartógrafo español, una de las figuras más destacadas de los primeros viajes que se realizaron entre Europa y América en los últimos años del siglo xv y los primeros del xvi. De la Cosa acompañó a Cristóbal Colón en su primer viaje, en 1492, era el dueño de la embarcación *Santa María* y fue en calidad de maestre. También viajó con Colón en su segunda expedición, aunque no se sabe con claridad si lo hizo como marinero o cartógrafo. No es claro tampoco si acompañó a Colón en su tercer viaje, pero sí estuvo presente en la expedición al mando de Alonso de Ojeda, que partió de Cádiz en mayo de 1499, la cual exploró la costa norte del continente suramericano. A su regreso a España, De la Cosa realizó un reconocido mapa que lleva su nombre, en el que se plasma una gran porción de tierra como el Nuevo Mundo, además de varias islas del Caribe, como Cuba. En 1500 formó parte de un nuevo viaje, al mando de Rodrigo de Bastidas y en calidad de piloto mayor, en el cual exploraron de nuevo las costas del norte de las actuales Colombia, Venezuela y Panamá. Más tarde, De la Cosa pasó a ser funcionario de la recién creada Casa de Contratación de Sevilla y asumió cargos importantes al servicio de la Corona española. Su último viaje lo realizó en una expedición que partió al mando de Ojeda, de Santo Domingo a la costa norte de la actual Colombia. Allí murió durante un enfrentamiento con los indígenas, en la región de Turbaco, en el Caribe colombiano.

parámetros tradicionales de la cartografía portulana; pero, al mismo tiempo y por primera vez, se mostró el continente americano. Su importancia radica en la incorporación de la información geográfica que habían arrojado los más recientes viajes de exploración, sobre la ya familiar pintura del mundo. Se sumaba entonces una inmensa, nueva y cuarta parte del planeta.

Un propósito evidente de este mapa fue la determinación de la línea que divide el mundo en dos de sur a norte, tal y como lo había definido el tratado de Tordesillas de 1494, que fue una gran carta de propiedad del mundo. En la carta se observan numerosas naos y carabelas con sus banderas y gallardetones[13] de Castilla y de Portugal.

El paradigma ptolemaico para lograr una representación del mundo en su totalidad sirvió de manera efectiva para incorporar lo nuevo y desconocido dentro de parámetros familiares. La carta de Juan de la Cosa y los mapas que le siguieron fueron una clara manifestación del proceso de incorporación y apropiación cristina del mundo.

En la carta, el Nuevo Mundo se integra no solo en un marco de referencia espacial sino como parte de un orden político y religioso. Como es propio de la tradición cristiana, en el mapa abundan las referencias bíblicas. En medio del océano, en la sección occidental del mapa, aparece una rosa de los vientos, la figura medular del mapa, decorada con una bella xilografía de la Virgen —cuyo parecido con la reina ha sido señalado por algunos— y el niño Jesús.

El mapa suele ser reproducido y observado siguiendo las convenciones cartográficas modernas, con el Norte en la parte superior, pero la mayoría de las inscripciones aparece para ser leída con el mapa en posición vertical, con el Norte a la derecha. De esta forma, el mapa tiene una clara figura de cruz cuyo centro es la rosa de los vientos en el Atlántico. En la sección superior del pergamino también aparecen san Cristóbal caminando sobre el mar, los tres Reyes Magos en Asia y la torre de Babel que son, entre otras, manifestaciones del mundo cristiano.

Cosmographiae introductio y *el planisferio de Waldseemüller, 1507*

Entre la variedad de mapas del mundo que se publicaron en el siglo XVI sobresale el planisferio de Martin Waldseemüller de 1507. En estrecha relación con la obra de Américo Vespucio, el mapa apreció en un folleto titulado *Cosmographiae introductio*[14]. En el texto que acompaña el mapa se hace referencia a la tradicional división de la isla de la Tierra: Europa, Asia y África; pero

[13] Banderas triangulares en los mástiles de los barcos que indican a quien pertenece la nave.

[14] Véase Toby Lester, *The Fourth Part of the World: The Race to the Ends of the Earth, and the Epic Story of the Map that Gave America its Name* (Nueva York: Free Press, 2009).

IMAGEN X.9. Universalis cosmographia secundum Ptholomaei traditionem et Americi Vespucii aliorumque lustrationes, *Martin Waldseemüller, 1507*

FUENTE: "Waldseemuller map 2", *Wikimedia Commons*, última modificación 21 de junio del 2009, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/ZHAU.

advierte que recientes exploraciones dan noticia de una cuarta parte. Se dice que esta nueva parte se puede llamar Tierra de Américo, o mejor, América, para seguir con los nombres femeninos de los otros tres continentes. Así, este fue el primer documento cartográfico que ostentó el nombre de América y que mostró las nuevas tierras como una sola entidad geográfica, independientemente de que existiera un estrecho de mar entre el norte y sur de esta o no.

La *terra incognita* fue entonces presentada como América, incorporada tanto al globo terráqueo, como a la historia del mundo. De manera que estamos presenciando no solo la representación geográfica sino también histórica del Nuevo Mundo.

En la sección superior sobresalen enfrentadas las figuras de Ptolomeo, la gran autoridad geográfica de la Antigüedad y Vespucio, como una figura alegórica del Nuevo Mundo. El mapamundi es además una narración y una celebración de un gran momento histórico que marca el inicio de una nueva era, de un nuevo cosmos y de un nuevo orden político.

Como lo señala Waldseemüller, el mapa es una gran carta de propiedad: "Así como los granjeros marcan las fronteras de sus tierras, ha sido nuestro propósito marcar las partes más importantes del mundo con los símbolos de sus gobernantes"[15]. Además de la demarcación de dominios, el mapa es un instrumento de navegación: "Y lo que debe ser tenido en cuenta, hemos marcado con cruces los lugares poco profundos en el mar donde hay riesgo de naufragio"[16].

Los textos y las imágenes que acompañan estos mapas les dan a los lugares representados un lugar en el tiempo[17], de modo que los territorios sin historia son incorporados en la de Europa. La inscripción en la esquina inferior izquierda dice: "Una delineación general de las distintas tierras e islas, algunas no mencionadas por los antiguos, más tarde descubiertas entre 1497 y 1504 en cuatro viajes sobre los mares, dos por Fernando de Castilla, dos

[15] "As farmers delineate boundaries in their fields, so it has been our purpose here to delineate the most important parts of the world by the symbols of their rulers". Martin Waldseemüller, "Cosmographiae introductio", citado en John Hessler y Chet van Duzer, *Seeing the World Anew: The Radical Vision of Martin Waldseemüller's 1507 and 1516 World Maps* (Washington D. C.: Library of Congress, 2012), 17. Traducción propia.

[16] "We have also placed small crosses in shallow places and areas where care must be exercised and shipwreck may be feared". Waldseemüller, citado en Hessler y Van Duzer, *Seeing the World Anew*, 17. Traducción propia.

[17] La etimología de la palabra *geografía* nos recuerda que se trata de una ciencia hija de la escritura. Hoy, cuando pensamos en cartografía nos remitimos a mapas, pero la cartografía, no podemos olvidarlo, es un accesorio y un producto de la literatura geográfica. Como imágenes visuales de descripciones verbales, los mapas no son una forma independiente y autónoma del discurso geográfico, sino un complemento o parte de este. Véase Margarita Zamora, *Reading Columbus* (Berkeley: University of California Press, 1993), 102.

por Manuel de Portugal, muy serenos monarcas, con Américo Vespucio como uno de sus navegantes y oficiales de la flota [...]"[18].

En la presentación del mapa del mundo de Waldseemüller se hace evidente el poder de una representación cartográfica: "[Los interesados] podrán satisfacer sus necesidades y estar agradecidos con nosotros por nuestra labor, cuando ellos vean casi la totalidad de lo que ha sido descubierto aquí y allá, o recientemente explorados, cuidadosa y claramente puestos en un solo lugar, para que pueda ser observado en una sola ojeada"[19].

Uno de los aspectos de este mapa a los que mayor trascendencia se le ha dado es que contiene la palabra *América* por primera vez, como el nombre de la cuarta porción del mundo. El nuevo continente requería de un nombre femenino acorde con los otros continentes. Son muchos los nombres usados, pero fue necesario eliminar la variedad y la ambigüedad, y por tanto se requirió de un único nombre "universalmente" reconocido. Como se explica en el mismo folleto, los nativos de *La Española* llamaron Bohio a la tierra al sur de la isla; los portugueses usaron los nombres que Cabral había dado: Vera Cruz, Terra de Santa Cruz; nombres no reconocidos por los españoles. Algunos cartógrafos usaron el nombre de Brasil, pero se prestaba para confusiones con el nombre de una isla imaginaria en el Atlántico. Terra dei Pappagalli (Tierra de Papagayos) fue un nombre usado de manera local y solo para una parte del continente. Parias fue el nombre nativo de una región cerca de Trinidad. Nueva India era considerado inadecuado. Mundus Novus, Nuevo Mundo o Terra Incognita, más que nombres eran descripciones. Fue entonces del mayor interés que con la publicación y posterior circulación de este material geográfico, el mundo desconocido, esa *terra incognita*, se transformara en un mundo conocido como América, la tierra de Américo[20].

El pequeño libro y su mapa respectivo tuvieron una fuerte demanda y una amplia distribución. En 1507 se publicaron dos ediciones y se llegaron a vender más de mil copias. Tanto el mapa como los textos fueron reimpresos en repetidas ocasiones, contribuyendo así a que el nombre de América se arraigara[21].

[18] "An overall delineation of the various lands and islands, including some of which the ancients make no mention discoverd lately between 1497 and 1504 in four voyages over the seas, two commanded by Fernando of Castile, and two by Manuel of Portugal, most serene monarchs, with Amerigo Vespucci as one of the navigators and officers of the fleat". Waldseemüller, citado en Hessler y Van Duzer, *Seeing the World Anew*, 40.

[19] "[...] anyone who is interested in such matters and who wishes to discover various things may see their wishes fulfilled and be grateful to us for our labor, when they see everything that had been discovered here and there, or recently explored, carefully and clearly placed together, so that it may be seen with merely a glance". Waldseemüller, citado en Hessler y Van Duzer, *Seeing the World Anew*, 30.

[20] Para conocer un detallado estudio sobre este mapa y su historia véase Toby Lester, *The Fourth Part*.

[21] Lloyd Brown, *The Story of Maps*, 157.

IMAGEN X.10. Carta universal, *Diego Ribero, 1520*

Carta universal "en que se contiene todo lo que del mundo se ha descubierto hasta ahora. Hízola Diego Ribero, cosmógrafo de su majestad: año de 1520, Sevilla. La cual se divide en dos partes conforme a la capitulación que hicieron los católicos reyes de España y el rey don Juan de Portugal en Tordesillas: año de 1494, Sevilla, 1529".

FUENTE: "Map Diego Ribero 1529", *Wikimedia Commons*, última modificación 29 de julio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/hyfzTE.

La Carta universal *de Diego Ribero, 1520*

Hoy no se conoce un único mapa que se titule "Padrón Real", no obstante, un mapa como el de Diego Ribero podría ser un ejemplo de cartas construidas sobre los datos recopilados en la Casa de Contratación de Sevilla. El propósito de esta carta es evidente en su encabezado: representar la totalidad del mundo y su repartición entre las Coronas de España y Portugal (véase el imagen x.10.).

Diego Ribero (Portugal, † 1533)

Fue un cosmógrafo y cartógrafo portugués. Aunque no se sabe mucho de su juventud, se tienen indicios de que participó en viajes a la India, al servicio de la Corona portuguesa. Más tarde, en 1518, pasó a servir a la Corona española como funcionario de la Casa de Contratación de Sevilla. Por esa época se preparó el viaje de Magallanes-Elcano alrededor del mundo, que por sus dimensiones requirió de grandes preparativos y expertos en diferentes áreas, como cartografía y cosmografía. En 1523 asumió, junto con Alonso de Chaves, los cargos de cosmógrafo real y piloto mayor, y entre sus funciones principales estuvo la elaboración de uno de los más importantes proyectos de la Corona española: el Padrón Real. En 1529 elaboró en Sevilla su famosa *Carta universal*, uno de los pocos mapas del siglo XVI que aún se conservan. Ribero murió en Sevilla en 1533.

En 1520 el mundo ya era muy distinto al del siglo XV; sin embargo, los mapas conservaban las convenciones de la cartografía portulana. Aparecían rosas de los vientos en las cuales confluían líneas de rutas, que a manera de redes parecían cubrir el mundo entero, y el propósito central seguía siendo la definición de una línea de demarcación entre los dominios de España y Portugal. Eran también visibles las coordenadas astronómicas clásicas: el Norte en la parte superior y las líneas del ecuador, y el trópico de Cáncer y de Capricornio. Otro elemento que vale la pena destacar y que contrasta con la carta de Juan de la Cosa, treinta años antes, es su rica toponimia, no solo para el Viejo Mundo sino para América; en particular, la costa oriental del continente. La rica decoración es también digna de atención. Numerosas embarcaciones europeas a lo largo y ancho del globo muestran la presencia cristiana en casi la totalidad del mundo. Los instrumentos astronómicos y de

navegación, como el cuadrante, el astrolabio y la misma rosa de los vientos, son símbolos de autoridad y precisión en la elaboración de la carta.

Si bien la mayoría de los mapas fue copia de otros, la información que permitía la representación del Nuevo Mundo provenía de la experiencia directa del viajero. De ahí la preocupación por el adecuado entrenamiento de pilotos que pudieran llevar información útil a Sevilla. Este fue el gran reto técnico: movilizar la información, dibujar y controlar a distancia. La tensión entre pilotos y cosmógrafos, entre los navegantes y los cartógrafos en tierra nos presenta un problema epistemológico del mayor interés. La solución radicó en construir una única forma de observar y recopilar información que pudiera ser sumada e incorporada según un mismo patrón. Para esto fue necesario estandarizar instrumentos, unidades de medida, disciplinar y entrenar pilotos exploradores y, por supuesto, garantizar su regreso.

A lo largo del siglo XVI el mundo cristiano expandió sus dominios a una escala global. El *orbis terrarum*, la morada de la especie humana, dejó de ser la misma con la irrupción de un Nuevo Mundo, pero no como un nuevo trozo de tierra, sino como una nueva cosmología que trajo consigo la redefinición del Viejo Mundo. El surgimiento de ese Nuevo Mundo, del cual América formó parte, condujo, al mismo tiempo, a la formación de Europa y sus "otros", en la cual se definen las fronteras, los nuevos centros y periferias de un orden mundial distinto. Fue, en otras palabras, la consolidación del eurocentrismo.

Los atlas modernos

Los mapas pueden ser muchas cosas al mismo tiempo: instrumentos de navegación, cartas de propiedad, obras de arte y, sin duda, una contundente expresión del poder del conocimiento humano. Con un mapa podemos tener una ciudad, una nación o el mundo entero en nuestras manos. Si retomamos las ideas de algunos historiadores de la cartografía, como John Harley[22], que entienden los mapas no como simples representaciones de lo que hay, sino como formas de construir un orden, podremos entender mejor el sentido político de la cartografía en el contexto imperial. Esta posibilidad de visualizar sobre un plano grandes extensiones de tierra y mar, o incluso el globo entero, hacen parecer plausible la noción de control global.

Muy pronto, la cartografía global y la industria de mapas y grandes atlas tuvo un desarrollo inusitado fuera de la península ibérica. El mundo entero fue objeto de una representación cada vez más detallada, precisa y estandarizada. Con el desarrollo de la imprenta, similar a lo que ocurrió con los

[22] John Harley, *La nueva naturaleza de los mapas: Ensayos sobre la historia de la cartografía* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2005).

IMAGEN X.11. *Cubierta de* Theatrum orbis terrarum, *Abraham Ortelius, 1606*

FUENTE: Biblioteca Digital Hispánica, Biblioteca Nacional de España.

catálogos de plantas y animales o con los tratados de anatomía, los conocimientos geográficos circularon en forma impresa en Europa y a lo largo de buena parte del mundo. Además, se establecieron ciertas reglas comunes para la representación del mundo.

Abraham Ortelius (1527-1598) fue el creador de uno de los primeros "atlas modernos". Su *Theatrum orbis terrarum* fue un libro de mapas organizado en un formato uniforme que sintetizó el estado de conocimientos geográficos de su época. Pese a su alto costo, fue considerado la más importante referencia cartográfica impresa de finales del siglo XVI y principios del XVII. Ortelius utilizó el término *teatro* para titular su libro, un lugar donde se puede ver un espectáculo, y así dejó claro que su obra permitía apreciar la totalidad de la Tierra.

Como vemos en la cubierta de su *Theatrum orbis terrarum*, Europa aparece en la parte superior, sentada en un trono como gobernadora del mundo y de los otros tres continentes: Asia, África y América[23]. El libro gozó de un éxito comercial hasta entonces inédito en toda Europa, en los inicios de lo

[23] *Ibid.*, 105.

que se suele conocer como el siglo de oro holandés, cuando se desarrollaron los grandes talleres de impresión cartográfica del siglo XVII. Los Países Bajos —actuales Bélgica y Holanda— empezaban a constituirse en el principal rival comercial, marítimo, colonial y científico de las Coronas española y portuguesa. En el siglo XVI, la provincia de Flandes —como se llamaba entonces la región— estaba bajo dominio español, lo cual hizo posible que Ortelius fuera nombrado cosmógrafo real de Felipe II, pudiera obtener derechos privilegiados de impresión de mapas y tener contacto con fuentes cartográficas inaccesibles para cualquier otro europeo.

Además del atlas de Ortelius, las ciudades de los Países Bajos dieron luz a nuevos y ambiciosos proyectos cartográficos de importantes figuras, como el de la famosa casa de cartógrafos Gerard de Jode (ca. 1508-1591) —el *Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mvndi et fabricati figvra*—, el de Gerardus Mercator (1512-1594), Jodocus Hondius (1563-1612) y sus sucesores, o el extraordinario *Atlas maior* de Willem Janszoon Blaeu (1571-1638), entre muchos otros, que dieron cuenta del vertiginoso incremento del poder naval y comercial de los Países Bajos por medio de su eficaz marina mercante, organizada en la poderosa Compañía Holandesa de las Indias Orientales (Vereenigde Oost-Indische Compagnie), y en la no menos eficaz Compañía Holandesa de Indias Occidentales (West-Indische Compagnie).

En 1663, Joan Blaeu, hijo de Willem Janszoon Blaeu, presentó su atlas del mundo a Luis XIV con las siguiente apreciación sobre la geografía: "La geografía es el ojo y la luz de la historia [...] los mapas nos permiten contemplar en nuestros hogares, justo frente a nuestros ojos, las cosas más lejanas"[24]. Al igual que en otras áreas del conocimiento con un importante componente visual, como la botánica, la historia natural o la medicina, las imágenes científicas cumplen la función de movilizar y poner en las manos del observador una naturaleza lejana y extraña, que en su representación bidimensional se torna cercana y familiar.

La manufactura de mapas y el comercio se hicieron inseparables, los mapas definieron rutas, dieron acceso y seguridad para la movilización de bienes a escala global; pero a su vez, los viajeros fueron la fuente de información para los cartógrafos. La autoridad del más influyente de los atlas holandeses, el *Atlas maior* de Blaeu, se derivaba, en efecto, de la posición privilegiada que este ocupaba y del acceso que tuvo a materiales cartográficos de las compañías holandesas en las Indias orientales y occidentales.

La capacidad para elaborar mapas del mundo entero implicó la articulación de teorías cosmográficas, sofisticadas técnicas de navegación, mejores

[24] "Geography is the eye and the light of history [...] maps enable us to contemplate at home and right before our eyes things that are farthest away". Svetlana Alpers, *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century* (Chicago: The University of Chicago Press, 1989), 159. Traducción propia.

IMAGEN X.12. Nova et accuratissima terrarum orbis tabula, *Joan Blaeu, 1664*

FUENTE: "Nova et Accuratissima Terrarum Orbis Tabula (J.Blaeu, 1664)", *Wikimedia Commons*, última modificación 23 de febrero del 2014, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/VBNjmQ.

naves e instrumentos calibrados; y todo este empeño constituye un episodio clave para entender el mundo moderno[25]. Sin embargo, la conquista del Nuevo Mundo no termina en el mar, ni en la representación cartográfica de nuevas rutas oceánicas y continentes desconocidos. El arribo a las islas o a las costas de tierra firme en las Indias occidentales fue el comienzo de un reto mayor. De la soledad del mar y el confinamiento de las naves, los viajeros enfrentaron entonces un reto distinto: la penetración de extensos territorios y el reconocimiento de una nueva naturaleza.

[25] La historia de la cartografía española del siglo XVI ha sido estudiada con suficiente detalle, véanse, por ejemplo, Luisa Martín, *Cartografía marítima hispana: La imagen de América* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1993); Ricardo Cerezo, *La cartografía náutica española de los siglos XIV, XV y XVI* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994). De manera particular, el fascinante proyecto del Padrón Real es analizado por Antonio Sánchez en *La espada, la cruz*.

Capítulo XI

UN NUEVO MUNDO DE GENTES, ANIMALES Y PLANTAS

A pesar de la evidente riqueza natural del Nuevo Mundo, los europeos carecían de los conocimientos adecuados para procurarse alimentos y protegerse de los climas tropicales. El explorador necesitaba de nuevos conocimientos para sobrevivir, pero además tenía una misión aún más difícil: llevar a Europa las riquezas del Nuevo Mundo. En América, los cristianos se encontraron con una parte de la creación de la cual no existían testimonios y con una naturaleza cuyo dominio requirió de una intensa labor. Para el control del Nuevo Mundo desde Europa fue necesario el registro y el acopio sistematizado de la información sobre las rutas de acceso o el contorno de las costas continentales, y también el reconocimiento de cada uno de los objetos que componían el mundo natural: ríos, montañas, poblaciones y pobladores, fuentes de minerales valiosos, plantas y animales.

Gonzalo Fernández de Oviedo en su *Historia general y natural de las Indias* describe con claridad el desafío que implicaba para los europeos la extensa y variada naturaleza americana:

> ¿Cuál ingenio moral sabrá comprender tanta diversidad de lagunas, de hábitos, de costumbres de los hombres destas Indias? ¿Tanta variedad de animales, así domésticos como salvajes y fieros? ¿Tanta multitud innarrable de árboles, copiosos de diversos géneros de frutas, y otros estériles, así de aquellos que los indios cultivan, como de los que la Natura, de su propio oficio produce sin ayuda de manos mortales? ¿Cuántas plantas y hierbas útiles y provechosas para el hombre? ¿Cuántas otras innumerables que a él no le son conocidas, y con tantas diferencias de rosas e flores e olorosa fragancia? ¿Tanta diversidad de aves de rapiña y de otras raleas? ¿Tantas montañas altísimas y fértiles, e otras tan diferenciadas e bravas? ¿Cuántas vegas e campiñas dispuestas para la agricultura, y con muy apropiadas riberas? ¿Cuántos montes más admirables y espantosos que Etna o Mongibel, y Vulcano y Estrongol; y los unos y los otros debajo de vuestra monarquía?[1].

Dicha novedad implicó desafíos científicos y filosóficos, pero además, religiosos. El Nuevo Mundo y sus criaturas debían formar parte de la creación

[1] Gonzalo Fernández de Oviedo, *Historia general y natural de las Indias* 5 (Madrid: Atlas, 1959), 8.

y la más importante fuente de verdad en la Europa cristiana del siglo XVI, las Sagradas Escrituras, en una primera instancia, parecían no ofrecer ninguna explicación de esta nueva realidad.

Gonzalo Fernández de Oviedo (Madrid, España, 1478-1557)

Tal vez el más importante de los cronistas de las Indias occidentales, historiador natural y militar al servicio de la Corona española. Desde una temprana edad sirvió a los Reyes Católicos. Se encontraba con ellos en Barcelona en abril de 1493 cuando recibieron allí a Cristóbal Colón después de su primer viaje. Estuvo en varias ciudades de la actual Italia, y tras la muerte de la reina Isabel volvió a España como miembro de la corte del rey Fernando. En los años siguientes realizó varios viajes al Nuevo Mundo, donde ejerció importantes cargos administrativos y militares. Fernández de Oviedo también aprovechó estas travesías para recoger una gran cantidad de información sobre plantas, alimentos, animales, medicinas y sobre las poblaciones que habitaban allí. Sobre ello escribió su obra más importante: *Historia general y natural de las Indias*, cuya primera parte se publicó en Sevilla en 1535 y fue dedicada al rey Carlos I. La obra completa fue publicada casi trescientos años después de su muerte. Fernández de Oviedo describe allí en detalle aspectos naturales y sociales del Nuevo Mundo. Asimismo, hace una recopilación de varios acontecimientos ocurridos entre 1492 y algunos años antes de su muerte, relacionados con los viajes y las exploraciones llevadas a cabo en las Indias. Utilizó para esto diferentes relatos y se basó en autores como Plinio el Viejo. Gonzalo Fernández de Oviedo murió en 1557 en Santo Domingo.

Los animales y las plantas del Nuevo Mundo no encajaban con el conocimiento personal de los viajeros, tampoco con las autoridades de la Antigüedad ni con las narraciones bíblicas, y desde la perspectiva europea no tenían nombres. La Biblia enseña que Adán nombró a todos los animales de acuerdo con su naturaleza, y estas criaturas, al parecer sin nombre, tenían que ser bautizadas e incorporadas dentro del orden cristiano de la creación. ¿Cómo describirlos de manera convincente para que los europeos pudieran tener una idea fiel de un mundo desconocido? ¿Cómo hacer de estas criaturas nunca antes vistas parte de un orden cristiano? ¿Cómo llevar todo este Nuevo Mundo a España?

Un camino obvio fue la comparación con referentes familiares. De ahí que muchas de las descripciones de criaturas americanas las presentaran

como híbridos y combinaciones de animales o plantas conocidas, como rompecabezas hechos con piezas de criaturas familiares[2]. El primer medio para establecer lazos fue el uso de la analogía y la comparación. Así, lo desconocido cedió su extrañeza y apareció en un marco de referencia conocido que hizo posible nombrar y clasificar. La zarigüeya, para Pedro Mártir de Anglería, tenía cara de zorra, cola de mono, orejas de murciélago, manos de hombre y pies de mona; Álvar Núñez Cabeza de Vaca se refirió a los pecaríes como cerdos salvajes, y al jaguar como un tigre; en la Patagonia, Pigafetta describió los pingüinos como gansos; algo más tarde, Urdaneta los llamó "patos sin alas"; Pedro Cieza de León describió las llamas como animales con la forma de camellos del tamaño de un burro pequeño; el oso hormiguero o el oso perezoso son nombres y referencias familiares para nombrar criaturas extrañas[3]. La piña apareció como un híbrido entre la piña (fruto del pino) y la planta de la alcachofa, y sus propiedades siempre se compararon con las de los frutos conocidos. Años más tarde, el filósofo inglés John Locke, en su *Essay Concerning Human Understanding* (1690) usaría la piña como un ejemplo para ilustrar la imposibilidad de poner en palabras una experiencia de los sentidos: "A quien piense de otra manera, dejémosle tratar de encontrar las palabras para describir el sabor de una piña y así tener una verdadera idea del gusto de esta deliciosa fruta"[4].

El acto de nombrar, como el bautismo, fue una forma de crear un vínculo, una unión con lo extraño. Pero además, dar un nombre, o renombrar las cosas, fue una manera de eliminar la ambigüedad, la variedad y la diferencia con los nombres locales. De modo similar a como ocurrió con los lugares geográficos y las poblaciones, en historia natural fue también necesario que las cosas tuvieran un solo nombre. Como lo explica Oviedo: "[...] y como los indios tienen muchas y diversas lenguas, así por diversos nombres las nombran"[5]. Aunque el nombre de piña no era del todo adecuado, era preferible al desorden y la confusión que generaban lo múltiples nombres locales. Dar nombres fue entonces una forma de apropiación y traducción. Nombres europeos como *piña*, *armadillo*, *tigre*, *perico ligero*, *ave mosca*, *tominejo*, *oso hormiguero*, entre otros, permitieron que lo desconocido formara parte de un mundo familiar.

La tarea de llevar a Europa las riquezas del Nuevo Mundo supuso el transporte trasatlántico de numerosos productos. Algunos de ellos se transportaban con relativa facilidad, como el oro, la plata y otras mercancías que

[2] Miguel de Asúa y Roger French, *A New World of Animals: Early Modern Europeans on the Creatures of Iberian America* (Aldershot: Ashgate, 2005), 14.

[3] *Ibid.*, 33.

[4] "He that thinks otherwise, let him try if any words can give him a taste of a pine apple, and make him have the true idea of the relish of that celebrated delicious fruit". Citado en Lisa Jardine, *Ingenious Pursuits* (Nueva York: Anchor Books, 1999), 252. Traducción propia.

[5] Fernández de Oviedo, *Historia general y natural*, 242.

no sufrían ni se deterioraban al retirarlas de su lugar de origen; pero la apropiación de los seres vivos, las plantas y los animales, requirió de técnicas sofisticadas de representación y una enorme cantidad de trabajo y organización. Con algunas excepciones, las plantas y los animales no sobrevivían al viaje ni se adaptaban fácilmente a los climas europeos, de manera que su dominio implicó textos e imágenes de ciencia que le permitieron a Europa proclamar su dominio sobre la vasta naturaleza del mundo. Por ejemplo, sobre la piña, Gonzalo Fernández de Oviedo escribió:

> Algunas se han llevado a España e muy pocas llegan allá. E ya que lleguen no pueden ser perfectas ni buenas, porque las han de cortar verdes e sazonarse en la mar, y desa forma pierden el crédito [...]. Yo las he probado a llevar, e por no se haber acertado la navegación, e tardar muchos días, se me perdieron e pudrieron todas e probé a llevar los cogollos e también se perdieron[6].

La manera más eficiente de tenerla y dársela a conocer a los europeos era en palabras e imágenes. Sobre las ventajas de la pintura en historia natural, Oviedo comenta: "[...] los ojos son mucha parte de la información destas cosas, e ya que las mismas no se pueden ver ni palpar, mucha ayuda es a la pluma la imagen dellas"[7].

Descripciones detalladas que hacían uso de referentes domésticos, el uso de nombres cristianos y familiares y la elaboración de imágenes fueron las estrategias principales en la tarea de incorporar el mundo salvaje y distante al orden cristiano. Para tener éxito en estas formas de control a distancia fue necesario crear fuertes vínculos cuya solidez dependía del grado de credibilidad y fidelidad de las representaciones. Se requirió de un nuevo código de legitimidad y verdad, por eso, una vez más, podemos afirmar que el problema del dominio fue en gran parte un problema epistemológico.

En directa relación con las descripciones y los nombres está la clasificación e incorporación de cada criatura dentro de un grupo o una clase conocida. La descripción y denominación de un objeto conlleva alguna forma de catalogación, pero muchas de las criaturas americanas se resistían a clasificaciones comunes y no era claro su lugar en las categorías establecidas por Aristóteles o implícitas en Plinio. La iguana, el manatí, el cactus y los felinos americanos fueron algunos ejemplos de estas dificultades. De hecho, la cantidad y variedad de animales y plantas, de árboles, reptiles, insectos y serpientes, parecieron hacer la tarea de nombrar y clasificar un propósito imposible, propósito que se tomaría mucho tiempo en llegar a una aparente claridad con Carlos Linneo en el siglo XVIII.

[6] *Ibid.*

[7] Citado en José Rabasa, *Inventing America*, 146.

IMAGEN XI.1. *Piña, Gonzalo Fernández de Oviedo,* Historia general y natural de las Indias, *1546*

FUENTE: "Coronica delas Indias. La hystoria general de las Indias agora nueuamente impressa corregida y emendada. 1547 : y con la conquista del Peru", *Biodiversity Library Heritage*, última modificación 25 de julio del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/ykEw3H.

En el siglo XVI los cronistas narraban y describían cosas "increíbles" pero con pretensiones de verdad, y justo por esa razón fue necesario crear un nuevo estándar de credibilidad. Este debía estar basado, por un lado, en la incorporación de lo nuevo en marcos de referencia familiares, y por otro, en la idea de testimonios personales directos con un carácter lejano a la ficción o a la imaginación.

Este proceso que hemos descrito sobre la naturaleza americana ocurrió de forma muy parecida en otras partes del mundo. En la Europa misma, en África y en Oriente también hubo exploradores y colectores de especímenes y objetos naturales. De esta manera, el fenómeno adquirió una escala global sin precedentes, que hizo de las crecientes ciudades europeas centros de acopio con una acelerada afluencia de objetos, datos e información.

Entre los más pudientes mercaderes y príncipes de la Europa del Renacimiento se puso de moda la acumulación de posesiones traídas de lugares remotos, colecciones privadas de objetos exóticos, conocidos como "gabinetes

de curiosidades", en los cuales se acumulaban objetos naturales y artefactos por igual[8]. Lo exótico fue entonces un símbolo del poder del hombre sobre la naturaleza y el mundo natural formó parte del mundo de la propiedad, lo cual se tradujo en colecciones privadas de objetos extraños y en lujosas y bellamente ilustradas publicaciones que sirvieron de grandes catálogos de lo desconocido. En ese proceso de movilización, clasificación y traducción de la naturaleza en gabinete o catálogo, lo salvaje se transformó en doméstico y la naturaleza en propiedad.

Los jesuitas, de manera particular, crearon una red global que, además de sus misiones religiosas, se ocupó del estudio de la naturaleza en América y Oriente. Naturalistas y coleccionistas como Athanasius Kircher, Conrad Gessner, Ulisse Androvandi o Niccolò Serpetro, entre otros, lograron que lo monstruoso y salvaje del Nuevo Mundo, ya en el siglo XVII, formara parte de la cultura europea[9].

Los gabinetes de curiosidades proliferaron desde el siglo XVI, algunos tuvieron orígenes particulares, pero la mayoría estuvo vinculada a palacios y príncipes que acumularon una variedad enorme de objetos. Las más tradicionales colecciones de medallas comenzaron a competir con conchas, fósiles y animales o plantas disecadas. Entonces la erudición no se limitó a la historia o la literatura, sino que también involucró la historia natural[10]. El entusiasmo de los caballeros y príncipes por recolectar y acumular especímenes de lugares remotos implicó la difícil tarea de ordenar los objetos y de construir un lenguaje y formas de clasificación cada vez más eficientes.

Uno de los coleccionistas de objetos naturales más importantes de Europa fue el médico londinense Hans Sloan, quien habiendo empezado como aficionado terminó consolidando una apreciable fortuna que le permitió adquirir la más extraordinaria colección de rarezas y especies naturales, la cual más adelante conformaría las bases del acervo del Museo Británico. El interés por especímenes exóticos era mucho más que una simple afición, muchos de estos productos tenían valor medicinal, como era el caso de la quina americana, y una de las fuentes de la gran fortuna de Sloan fue justamente el comercio de su propia marca de leche de chocolate[11].

La necesidad de comentar, catalogar y comprender este creciente flujo de especímenes y datos condujo a realizar esfuerzos para establecer nuevos lenguajes y sistemas de clasificación; tal fue el caso del botánico John Ray

[8] Véase Pamela Smith y Paula Findlen, *Merchants and Marvels: Commerce, Science and Art in Early Modern Europe* (Londres y Nueva York: Routledge, 2002). En particular, el capítulo 12, escrito por Paula Findlen, "Inventing Nature: Commerce, Art and Science in the Early Modern Cabinet of Curiosities", 297-323.

[9] Smith y Findlen, *Merchants and Marvels*.

[10] Peter Burke, *Historia social del conocimiento: De Gutenberg a Diderot* (Barcelona: Paidós Ibérica, 2002), 141.

[11] Jardine, *Ingenious Pursuits*, 268.

(1627-1705), quien trabajó con el apoyo de Sloan y fue autor de una monumental obra: *History of Plants* (1682). Ray trabajó en la clasificación de plantas, animales cuadrúpedos, aves y peces, y es un claro ejemplo de cómo para el siglo XVII la innovación científica, en este caso de la taxonomía, se hizo posible en centros de acopio de gran escala. Como veremos, algunas décadas más tarde sería el sistema de clasificación de Carlos Linneo el que se impondría como paradigma de la historia natural a nivel global, o cuando menos europeo.

Gabinetes, museos de historia natural y jardines botánicos fueron en ese entonces centros de acopio de objetos y conocimientos sobre lugares remotos y nodos de cada vez más robustas redes que tendrían su máxima expresión como símbolos del poder imperial en el siglo XVIII. Por otro lado, la literatura sobre otros lugares creció a gran velocidad. A partir de 1600, Europa empezó a contar con una vasta literatura sobre China, África, América y casi cualquier lugar del planeta. La asimilación de este conocimiento requirió de un proceso de domesticación, que supuso la creación de estereotipos que hicieron de lo extraño algo familiar para los europeos.

Sobre la historia natural europea volveremos más adelante, pero es evidente que las técnicas y los saberes de los naturalistas del Renacimiento conformaron poderosos instrumentos de apropiación, mediante los cuales lo desconocido se transformó en familiar y fue incorporado en marcos de referencia europeos y cristianos. La ciencia, en campos como la cartografía y la historia natural, les permitió a los europeos comprender (*prendere*, 'tomar') el mundo entero[12].

La exploración de nuevos continentes enfrentó a Europa con una naturaleza distinta y con grupos humanos, razas y culturas desconocidas. El problema de Europa y sus otros lo trataremos con más cuidado más adelante, pero el siglo XVI y, en particular, el encuentro con los nativos americanos fue el inicio de un largo debate sobre las diferencias entre las distintas razas y formas de vida humanas en la Tierra. De manera similar a lo que ocurrió con las plantas y los animales, estos nuevos tipos humanos debieron formar parte de un orden cristiano. En ocasiones, los estereotipos buscaron encontrar en otras culturas elementos cristianos y europeos. Vasco de Gama, por ejemplo, en un templo en Calicut se sintió en una iglesia, e interpretó la combinación de las deidades indias Brahma, Vishnu y Shiva, como una versión de la Trinidad cristiana[13].

Algunas virtudes morales fueron exaltadas en un comienzo, pero a lo largo de la conquista se consolidó un estereotipo opuesto a las virtudes

[12] Sobre la idea de *comprensión* como un concepto que explica las prácticas científicas en el contexto imperial del siglo XVI, véase Mauricio Nieto, "The European Comprehension of the World: Early Modern Science and Eurocentrism", en Hebe Vessuri y Michael Kuhn, *The Global Social Science World: Under 'Western' Universalism*. (Hannover: Ibidem Verlag, 2016), 101-140.

[13] Burke, *Historia social Gutenberg*, 253.

cristinas y se reafirmó la autopercepción de superioridad europea. La conquista de otros mundos trajo consigo un debate moral y legal, y Europa requirió de una justificación filosófica para el dominio y en ocasiones exterminio de otros pueblos. Como resultado, emergió un "otro", que solía tener características negativas y opuestas a los valores europeos; los otros eran salvajes, irracionales, idólatras, supersticiosos[14]. El caso del canibalismo podría ser un claro ejemplo del grado de salvajismo que justificaba la forzada conversión y el exterminio de culturas que no compartían las costumbres y creencias de los cristianos. De manera simultánea a la aparición de ese otro salvaje, idólatra e ignorante, se dio la consolidación de un "nosotros", un *sujeto* europeo civilizado, racional y superior por naturaleza.

Una vez más, es oportuno recordar el profundo impacto de las tradiciones monoteístas que suponen una única fuente de verdad y de bondad. Fue también dentro de dichas tradiciones y en particular del cristianismo, que apareció la noción de un único demonio origen de todo mal.

Europa y los saberes de otros

La idea misma de ciencia moderna o ciencia occidental crea una dicotomía y una oposición entre esta y otras formas de conocimiento, muchas veces consideradas inferiores y a las cuales se suele hacer referencia como creencias, saberes o conocimientos locales. Esta oposición entre Occidente y lo local implica que la ciencia europea no pertenece a ningún lugar o cultura en particular; o, en otras palabras, que pertenece a todos los lugares y culturas de la Tierra. Así, esta dicotomía entre la ciencia, por un lado, y los conocimientos locales, por el otro, es problemática, ya que asume el carácter universal de la civilización occidental como opuesta a lo particular, local y, por lo tanto, parcial de todo conocimiento no europeo.

Esta idea de superioridad y la consecuente difusión natural de la ciencia occidental es una expresión obvia de eurocentrismo, y supone que las culturas no occidentales y sus tradiciones son obstáculos para el desarrollo del conocimiento, con ningún otro efecto en la ciencia europea que el de ser una barrera para el desarrollo natural de un verdadero conocimiento racional. La narrativa tradicional de la exploración de países no europeos y la historia paralela de la difusión de la ciencia occidental enfrenta dificultades a la hora de explicar la complejidad de los intercambios culturales entre la ciencia europea y las tradiciones de otras latitudes[15].

[14] Sobre el "otro" y el encuentro entre cristianos y la población del Nuevo Mundo véase, por ejemplo, Tzvetan Todorov, *La conquista de América: El problema del otro*, traducido por Flora Bottom (Ciudad de México: Siglo xxi, 1989).

[15] Irfan Habib y Raina Dhruv, *Social History of Science in Colonial India* (Nueva Delhi: Oxford University Press, 2007).

Los historiadores han estado inconformes o han guardado silencio frente a la relación entre los visitantes europeos y los llamados saberes locales. La comprensión europea del mundo es también un proceso de traducción y apropiación de la experiencia humana y del conocimiento. Como ha mostrado Kapil Raj,

> la ciencia moderna ha sido considerada una creación exclusiva de Europa occidental que tuvo su origen en la 'revolución científica' de los siglos XVI y XVII, que no le debe nada a otras culturas [...] sin embargo, a pesar de su carácter único, la ciencia moderna no fue una creación *ex nihilo*. Más bien, esta se alimentó de tradiciones medievales tanto del Occidente como de Oriente, como ríos que fluyen en el océano de la ciencia moderna[18].

La producción de conocimiento en nuevas tierras no es el simple resultado de una relación directa entre el explorador y la naturaleza, y solo es posible en el contexto de tradiciones culturales en las que ya existen relaciones complejas entre la naturaleza y la sociedad. Es absurdo asumir que los exploradores europeos viajaron a través de un nuevo mundo vacío y hallaron minas de oro por accidente; descubrieron nuevas medicinas, tintes, materiales o elementos como el tabaco y la coca; probaron plantas y adivinaron sus posibles usos; es un error imaginar una relación entre el explorador, el naturalista, el botánico o el zoólogo y una naturaleza pura y desconectada de las culturas y de las experiencias de las poblaciones no europeas. Al contrario, el único método para conocer las virtudes médicas de las plantas, reconocer animales extraños, conquistar una geografía desconocida o conocer a la población fue aprender de los nativos.

Así, para entender la naturaleza de la ciencia europea en otras partes del globo es necesario explicar las dinámicas que operaron entre el conocimiento europeo y el conocimiento de los habitantes de los lugares conquistados. Es urgente que prestemos atención a la apropiación, la movilización y la traducción no solo de la naturaleza sino, también, del conocimiento de otros.

Como las tradiciones orientales y árabes que hemos mencionado, las tradiciones culturales nativas americanas también desempeñaron un papel en la construcción de la ciencia europea, que en el temprano periodo moderno se distanciaron de las autoridades clásicas. Este conocimiento nativo —descrito como irracional— fue, con frecuencia, incorporado como parte de las crónicas y de las descripciones del Nuevo Mundo. La construcción de

[18] "Modern science is widely considered a purely West European creation, originating in the 'scientific revolution' on the sixteenth and seventeenth centuries and owing nothing to other cultures or times [...]. Yet, despite its uniqueness, modern science was not created *ex nihilo*. Rather, it subsumed the medieval learning of both West and East 'like rivers flowing into the ocean of modern science'". Raj, *Relocating Modern Science*, 1-2. Traducción propia.

sujetos que se presentaban a sí mismos como portavoces genuinos del orden natural no puede ser explicada, entonces, sin prestar atención a los procesos de traducción y apropiación del conocimiento de otros. Como Michel Callon sostiene: "Traducir es desplazar [...]. Pero traducir es también expresar en el propio leguaje lo que otros dicen y quieren, por qué actúan como lo hacen y cómo se asocian entre sí; significa situarse como portavoz"[17].

De este modo, debemos estudiar las formas en las que las tradiciones no occidentales y el conocimiento acerca de la naturaleza de los habitantes de los territorios de América fueron incorporados dentro de los marcos de referencia cristianos que negaban ese carácter local y lo declaraban "universal". Este conocimiento, una vez expresado en otra lengua, en códigos que eran familiares para los europeos letrados, fue presentado como descubrimientos y posesiones europeas. Dicho proceso nos ayuda a entender cómo la vasta tarea del conocimiento era construida y acumulada como la propiedad de unos pocos, y cómo las tradiciones de los otros eran silenciadas y su autoridad invalidada.

Una mirada rápida de los escritos sobre la naturaleza americana del siglo XVI muestra el papel central que desempeñaron los conocimientos nativos. En su *Historia natural de Nueva España*, Francisco Hernández compiló descripciones de cerca de tres mil plantas y más de trescientos animales. Algunas de ellas, como el maíz, el tomate, el cacao, el tabaco, la coca, la papa y muchas otras plantas americanas, contribuyeron a transformar la cultura occidental y la historia del mundo moderno. El trabajo de Francisco Hernández introdujo la riqueza natural de Nueva España a Europa y, al mismo tiempo, puso en evidencia la complejidad de las culturas americanas. Hernández no fue el único naturalista ibérico que fundó sus tratados de historia natural sobre saberes nativos[18]. Bernardino de Sahagún o Gonzalo Fernández de Oviedo y muchos otros que les siguieron en su intento de reconocer las virtudes de la naturaleza americana son ejemplos de procesos de traducción de prácticas locales.

Los trabajos del médico sevillano Nicolás Monardes hacen evidente el proceso de traducción y apropiación de saberes nativos dentro de la medicina y la farmacia española. Monardes nunca visitó el Nuevo Mundo, pero como ningún otro supo aprovechar la información que llegaba de las Indias: "Allende destas riquezas tan grandes, nos embian a nuestras Indias Occidentales, muchos arboles, plantas, yerbas, raizes, zumos, gomas, frutos, simientes, licores, piedras que tienen grandes virtudes medicinales, en las que se han hallado y hallan muy grandes efectos que exceden mucho en valor y

[17] Michel Callon, "Algunos elementos para una sociología de la traducción: La domesticación de las vieiras y los pescadores de la bahía de St. Brieuc", en Juan Iranzo *et al.*, *Sociología de la ciencia y la tecnología* (Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas, 1995), 277.

[18] Francisco Hernández, *Historia natural de Nueva España* (Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1959).

precio [...]"[19]. Su lugar de trabajo fue la agitada Sevilla, un lugar privilegiado y con obvias ventajas para los viajeros y para los mismos exploradores del Nuevo Mundo: "Y como en esta ciudad de Sevilla, que es puerto y escala de todas las Indias Occidentales, sepamos dellas más que en otra parte de toda España, por venir todas las cosas primero a ella, con mejor relación, y con mayor experiencia se saben [...]"[20]. En su obra se hace referencia a más de sesenta plantas y algunos animales con virtudes medicinales que provienen de lugares como Nueva España, las islas del Caribe o Perú; aunque, además, es evidente que tuvo acceso a productos naturales cuyos usos también se conocían en Oriente.

En efecto, algunas de las plantas útiles que llegaron de las Indias Occidentales eran en apariencia idénticas a otras que habían sido traídas de Oriente. Así, por ejemplo, la canela y la pimienta americanas consiguieron suplir las virtudes de sus similares orientales, mientras que el jengibre, otra especie de origen oriental, fue cultivado con éxito en América, según señala Monardes. El médico sevillano se encontraba entonces en el sitio justo, porque quizá *La historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales* no podría haberse escrito en un lugar diferente a Sevilla. Monardes tuvo a su favor la autoridad que le otorgaba su práctica como médico activo en una urbe europea, y muchas veces recurrió a sus propias experiencias para certificar las propiedades de algunos de los remedios americanos. No obstante, la principal fuente de información en la que se sustentaron la gran mayoría de sus remedios fue el uso original que les dieron a estas plantas o sustancias los nativos del Nuevo Mundo.

Sobre una goma o resina llamada por los indios tacamahaca, Monardes escribió: "Y así mismo quita qualquier dolor causado de humores frios o ventosos, enesto lo usan los indios muy común y muy familiarmente. Y para estos mismos efectos lo han usado los españoles"[21]. Era frecuente que el médico sevillano hiciera referencia a nociones clásicas de la medicina galénica, como es el caso de la teoría humoral, pero al mismo tiempo recurrió a la experiencia de los nativos y de los europeos como prueba de su efectividad. Describió, entre otras, las prácticas puntuales que involucraban el uso del guayacán y del palo santo para el tratamiento del mal de Bubas[22]: "Como un español padesiese grandes dolores de Bubas, que una india se las avia pegado, el Indio que era de los médicos de aquella tierra, le dio el agua del Guayacan, con que no solo se le quito los dolores que padecia, pero sano muy bien del mal"[23].

[19] Nicolás Monardes, *La historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales que sirven en Medicina* (Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 1989), fol. I, 92.

[20] *Ibid*., fol. II, 93.

[21] *Ibid*., fol. III, 96.

[22] Se trata de una enfermedad de transmisión sexual, muy seguramente la sífilis, que Monardes consideró que había llegado a Europa de las Indias.

[23] Monardes, *La historia medicinal*, fol. X, 109.

Además, agregó que muchos otros españoles que padecían la enfermedad se curaron, quedando así demostrado que "es el mejor y más alto remedio de quantos hasta oy se han hallado, y que con mas certinidad y con mas firmeza sana y cura la tal enfermedad"[24]. El elemento exótico de los remedios fue sin duda parte del atractivo y del éxito de su obra. Algunas de sus recetas debieron llamar la atención por su novedad y extrañeza. Por ejemplo, Monardes dedica un acápite de su obra a describir las propiedades medicinales de la cola del armadillo, que en polvo sirve para curar el dolor de oído:

> [...] traen ansí mismo de Tierra firme, un hueso que es de la cola de un animal estraño, que esta todo encubertado de cochicas, hasta los pies como un caballo [...]. Tiene la virtud solo en el hueso de la cola, el cual hecho polvos sutiles, y tomando de ellos tanto como una cabeza de alfiler gordo, hecho una pelotica y metiéndolo en el oydo, aviendo dolor en el, lo quita maravillosamente[25].

La traducción del título de su obra al inglés hace evidente este elemento de lo desconocido y maravilloso: *Joyful News Out of the New Found World*.

Monardes, al igual que Francisco Hernández, describió en detalle las virtudes medicinales y los usos que los nativos les dieron al tabaco y la coca. En este, como en otros casos, resulta interesante ver que, aunque las prácticas nativas eran reconocidas como fuente original de conocimiento, no parecían tener el mismo rigor que la ciencia a los ojos de los europeos, quienes además consideraban que sus usos en el Nuevo Mundo estaban siempre marcados por la superstición. Las fuentes de conocimientos y los materiales estaban en las Indias, pero los descubrimientos eran proclamados como europeos.

Ciencia imperial y los inicios de una ciencia global

El propósito cristiano de comprender y controlar el mundo creando asociaciones entre lo familiar y lo desconocido hizo de Europa el centro de una cultura con una innegable capacidad de transformar lo ajeno en familiar. Tal proceso de traducción tuvo como resultado una gradual homogenización de la cultura y el silenciamiento de otras formas de representar e interactuar con la naturaleza. Lo anterior ha desempeñado un papel importante en la legitimación de un orden mundial centrado en Europa. Como Arif Dirlik explica:

[24] *Ibid.*
[25] *Ibid.*, fol. LXVI, 222.

> La característica distintiva del eurocentrismo no es su capacidad de excluir al otro, lo cual es común a todos los etnocentrismos, más bien lo contrario, su capacidad de incluir. El eurocentrismo no es el resultado de ignorar al otro, sino la consecuencia de una organización del conocimiento del mundo, incluyendo otras formas de conocimiento, dentro de un orden único y sistemático[26].

El intento por escapar a una explicación eurocéntrica de la historia y la necesidad de hacer visibles otras voces no puede ser reducido a la negación de la importancia de Europa en la historia moderna, ni a olvidar la función central de la ciencia occidental en la historia del mundo moderno. En lugar de esto, debemos explicar históricamente su éxito y las consecuencias de dicho proceso en la transformación geopolítica del mundo. Esto nos permitirá entender de qué manera la cartografía o la historia natural contribuyeron a la consolidación de Europa como el centro del mundo moderno.

Por otro lado, el uso del término *eurocentrismo* puede ser inadecuado si se piensa Europa como una entidad homogénea; es evidente que dentro de lo que entendemos como Europa existe una diversidad notable, así como periferias y centros geográficos, culturales y económicos. Nuestro interés es ayudar a explicar el proceso de construcción de la idea de una Europa homogénea, de la consolidación de "Occidente" como una entidad geográfica y cultural, lo cual es posible solo en la medida en que existe un "otro" y se conforma un marco de referencia común para comprender el Nuevo Mundo, sus gentes, animales y plantas.

En la dedicatoria al monarca español de su *Historia general de las Indias* López de Gómara comenta: "Quiso Dios descubrir las Indias en vuestro tiempo y a vuestros vasallos, para que los convirtiésedes a su santa ley [...] tomasteis por letra Plus Ultra, dando a entender el señorío del Nuevo Mundo"[27]. El lema "más allá" aparece en la cubierta de varias de las publicaciones españolas del siglo XVI, tal como en la de la *Historia general y natural de las Indias*, de Gonzalo Fernández de Oviedo (1535), y la de *Milicia y descripción de las Indias*, de Bernardo de Vargas Machuca (1599). El dominio humano del mar, del viento y los barcos de vela son una clara expresión de la capacidad de las artes humanas para controlar la fortuna y el propio destino.

[26] "The distinguishing feature of Eurocentrism is not its exclusiveness, which is common to all ethnocentrisms, but rather the reverse: its inclusiveness. Eurocentrism is not the result of ignoring others but rather the consequence of organizing the knowledge of the world, including other ways of knowing, into one single systematic whole". Arlil Dirlik, "History Without a Center? Reflections on Eurocentrism", en Eckhardt Fuchs y Benedikt Stuchtey, *Across Cultural Borders: Historiography in Global Perspective* (Lanham: Rowman and Littlefield, 2002), 252. Traducción propia.

[27] Francisco López de Gómara, *Historia general de las Indias*, editado por Pilar Guibelalde y Emiliano Aguilera (Barcelona: Iberia, 1965).

La imagen de una nave pasando las columnas de Hércules fue utilizada como frontispicio del *Regimiento de navegación* de Andrés García Céspedes, publicado en Madrid en 1606; una década más tarde, Francis Bacon hizo uso de la misma imagen como frontispicio de su obra filosófica (véase la imagen x.1.) Esta nave, que permite la exploración y conquista de lo desconocido, representa tanto para García Céspedes como para Bacon el inicio de una nueva era en la que la Europa cristiana proclama dominio sobre el mundo.

Para los cristianos del siglo XVI la emancipación humana tiene límites, dado que siempre está subordinada a la sabiduría y al poder divinos. La soberbia humana es entonces un gran pecado en varias referencias bíblicas, pero la posibilidad misma de conocer el orden de la creación y el derecho a su dominio tienen una justificación teológica. Citando las palabras del rey Salomón, López de Gómara nos recuerda:

> [...] Dios creó el mundo por causa del hombre, y se lo entregó en su poder, y lo puso debajo los pies, y, como dice Esdras los que moran en la Tierra pueden entender lo que hay en ella; así que, pues Dios puso el mundo en nuestra disputa y nos hizo capaces y merecedores de poderlo entender, y nos dio inclinación voluntaria y natural de saber, no perdamos nuestros privilegios y mercedes[28].

Esta fue una concepción muy poderosa a lo largo del Renacimiento, la tradición hermética, la magia, el arte y la ciencia tuvieron siempre un supuesto central: el mundo se puede conocer porque obedece a una creación racional. En ese sentido, Dios puede ser alabado y conocido por medio de su palabra, pero también de su obra[29].

A finales del siglo XV y durante las primeras décadas del siglo XVI, los marineros ibéricos circunnavegaron África, hallaron numerosas islas en el Atlántico y en el Pacífico, reconocieron la existencia de un nuevo continente, navegaron alrededor de la Tierra y encontraron culturas, plantas y animales desconocidos; todo esto en nombre de Dios y del rey. La expansión ibérica tuvo un impacto notable sobre lo que era conocido y familiar para los europeos antiguos y medievales, e implicó el surgimiento de una nueva cosmología, un nuevo orden del mundo en el cual los europeos cristianos se vieron y representaron a sí mismos como los legítimos conquistadores de todo el planeta. Así, los europeos cristianos tenían el derecho de conquistar, y la tarea de iluminar y civilizar al resto del mundo.

Como hemos explicado, para el éxito de la empresa imperial se necesitó la suma de diversas prácticas y saberes, tanto en tierra firme como en el mar: manufactura de barcos de vela veloces y resistentes, fabricación y calibración de instrumentos de navegación, entrenamiento de marinos disciplinados en

[28] López de Gómara, *Historia general de las Indias*, 7.

[29] Sobre la tradición hermética en el Renacimiento véase Yates, *Giordano Bruno*.

IMAGEN XI.2. *Cubierta de* Regimiento de navegación, *Andrés García Céspedes, 1606*

FUENTE: "Regimiento de navegación", *Europeana Collections*, última modificación 22 de junio del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/pJqspW.

múltiples oficios, cartógrafos y cosmógrafos; una red de saberes que podemos reconocer sin temor como una colosal empresa política y tecnológica.

La necesidad de ordenar la naturaleza y clasificar todos sus objetos ha sido siempre un objetivo estrechamente relacionado con los procesos de conquista y expansión imperial. Todo proyecto político de expansión y dominio requiere de mecanismos de apropiación de lo desconocido y de estrategias para incorporar lo extraño dentro de marcos de referencia familiares. La construcción de un imperio supone una intensa actividad científica que haga posible ordenar la naturaleza y la sociedad a partir de códigos comunes. Por lo tanto, la cosmografía, la náutica, la cartografía, la historia natural y la política deben ser consideradas expresiones de un mismo propósito de control y dominio.

Tal vez sea clave recordar que esta idea de articular la historia natural y la historia política les resulta inadecuada a algunos historiadores modernos, pero no lo era así en el siglo XVI. Para la mayoría de los primeros autores que escribió sobre el Nuevo Mundo, cronistas como Acosta y Oviedo, la descripción de la naturaleza y de la cultura, la historia natural y la historia moral, Dios, las acciones humanas y el mundo natural formaban parte indisoluble de una misma historia.

El rápido predominio europeo y su autopercepción como centro del mundo no habría sido posible sin el dominio del mar, y no hay duda de que los ibéricos de los siglos XV y XVI, con sus barcos de vela y sus técnicas de navegación, mostraron al mundo nuevos horizontes y sentaron las bases de un nuevo orden global.

Topos y utopías del Renacimiento

> *Un mapa del mundo que no incluya Utopía ni siquiera debe mirarse, porque excluye el único país en el que la humanidad desembarca constantemente. Y cuando la humanidad desembarca allí, observa, y, viendo un país mejor, se hace a la mar.*
>
> Oscar Wilde, *El alma del hombre bajo el socialismo*

En el temprano Renacimiento, Europa no solo descubrió sino que imaginó nuevos mundos. El renacer de la confianza humana en sus propias capacidades, que vimos en la tradición hermética, se aprecia aun con más fuerza en una serie de textos de ficción que imaginan un nuevo mundo bajo el control de un hombre con conocimiento ilimitado, un género literario que algunos han llamado utopías del Renacimiento. A finales del siglo XVI y principios del XVII, varios autores escribieron textos utópicos que recreaban lugares y sociedades en las cuales el conocimiento y las artes humanas permitían la creación de un mundo ideal.

Textos como *Utopía* de Tomás Moro (1478-1535), *La imaginaria ciudad del Sol: Idea de una república filosófica* de Tommaso Campanella (1568-1639) o *La Nueva Atlántida* de Francis Bacon (1561-1626) nos presentan sociedades ideales, utopías morales, políticas, estéticas y científicas, que nos enseñan mucho sobre los sueños y la realidad de una época. Todos ellos pueden ser considerados virtuosos escritores de ficción, se les puede reconocer como visionarios de un futuro maravilloso, aunque no imposible. Pero más que eso, son fieles testimonios, muchas veces críticos, de su propia época.

Tomás Moro (Londres, Inglaterra, 1478-1535)

Humanista y miembro del Parlamento inglés. Trabajó al servicio de la Corona inglesa durante el reinado de Enrique VIII. Su obra más importante es *Utopía*, publicada en latín con el título *Libellus vere aureus, nec minus salutaris quam festivus, de optimo reipublicae statu, deque novo insula Vtopiae*. Este es un texto de ficción, en el cual realiza reflexiones filosóficas y políticas, en forma de diálogo, sobre la comunidad que vive en una isla, llamada Utopía. Dicha comunidad está organizada de una manera muy diferente a las sociedades europeas del momento, por lo cual la obra se ha interpretado como una crítica a estas. Por otro lado, Tomás Moro fue un fiel adepto del catolicismo romano, y se convirtió en un reconocido crítico y contradictor de la reforma protestante encabezada por Lutero. Si bien Moro había tenido estrechas relaciones con el rey Enrique VIII, sus diferencias se empezaron a dar cuando este solicitó a Roma la anulación de su matrimonio con Catalina de Aragón. La negativa de Roma implicó la ruptura de esta con Inglaterra y la fundación de la Iglesia anglicana en cabeza del mismo Enrique VIII. Moro se negó a aceptar estas nuevas circunstancias y fue capturado y ejecutado en la torre de Londres acusado de traición.

Las utopías del Renacimiento son una clara expresión de las nuevas relaciones entre el hombre y la naturaleza, un hombre distinto, cuyos poderes sobre la naturaleza no parecen tener límites. Utopía es un lugar que podría existir; como la expresión de lo que parece posible, aunque no exista, y por lo mismo puede contener profundas críticas al mundo contemporáneo. Se trata de textos de una obvia riqueza histórica, aunque nuestro interés se centra en el papel que desempeñaron el conocimiento y las artes humanas en estos nuevos mundos.

No es una coincidencia que estos textos se produjeran en la era de los grandes viajes de exploración. Los referentes a los viajeros y sus encuentros con nuevos mundos son frecuentes. La narración, como en el caso de Bacon y de Campanella, la hacen viajeros. Incluso, la situación geográfica de estas civilizaciones imaginadas está muchas veces relacionada con el Nuevo Mundo. Con una convicción de vivir un momento histórico providencial, Campanella escribe: "Así España descubrió el Nuevo Mundo para que todas las naciones estuvieran bajo una sola ley. No sabemos nosotros lo que hacemos, pero Dios sí, cuyo instrumento somos. Los españoles buscaron nuevos países por el deseo del oro y de riquezas, pero Dios trabaja para más altos fines"[30].

[30] Tommaso Campanella, "La imaginaria ciudad del Sol, idea de una república filosófica", en Eugenio Ímaz, *Utopías del Renacimiento* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2009), 30.

En muchos aspectos, las ideas allí expresadas se nutren de los mismos exploradores y las narraciones de viajeros del siglo XVI, como Colón, Vespucio o Magallanes. Tanto para Moro, como para Campanella y Bacon, los logros y virtudes de estos mundos imaginados son el resultado de una nueva y poderosa ciencia. En la *Utopía* de Moro se describe una sociedad de personas sabias cuyos conocimientos les confieren a los hombres poderes sobre la naturaleza. Refiriéndose a los utópicos dice: "Son sumamente expertos en el conocimiento del curso de los astros y movimientos de los mundos celestes. Con gran ingenio han inventado instrumentos diversos para determinar con toda exactitud los movimientos y situación del Sol, la Luna y demás astros que se divisan en su horizonte"[31]. Entre otras invenciones útiles, Moro les da especial importancia a la imprenta y la fabricación del papel[32].

La ciudad del Sol de Campanella, que data de 1602, es un lugar utópico gobernado por sacerdotes hábiles en la magia astral que saben cómo mantener a la población sana y feliz, y cómo utilizar las influencias astrales en beneficio de todos.

En *La imaginaria ciudad del Sol* de Campanella, una vez más, el conocimiento desempeña un papel definitivo en la imaginada sociedad:

> A la sabiduría compete lo concerniente a las artes liberales y mecánicas, las ciencias y sus magistrados, los doctores y las escuelas de las correspondientes disciplinas [...] se encuentran tantos magistrados como ciencias. Hay un magistrado que se llama astrólogo y además un cosmógrafo, un aritmético, un geómetra, un historiador, un poeta, un lógico, un retórico, un gramático, un médico, un filósofo, un político, un moralista. Todos ellos atienden a un único libro, llamado *Sabiduría*, en el que con claridad y concisión extraordinarias están escritas todas las ciencias[33].

Los grandes logros técnicos de su tiempo y el sueño de explorar mundos desconocidos están presentes en los tres autores. Al respecto Campanella escribe: "El arte de la navegación tiene gran importancia. Poseen naves, de las cuales algunas funcionan sin remos y sin viento mediante un admirable artificio. Conocen bien las estrellas y el flujo y reflujo del mar. Navegan con el fin de conocer nuevas gentes, países y cosas"[34]. Al igual que More y Bacon, Campanella se refiere a la invención de la imprenta, de la pólvora y de la brújula, como grandes logros de la humanidad.

En su texto, Campanella recrea los ideales de un proyecto imperial cuyo poder es ilimitado y legítimo. Un poder fundado en un conocimiento superior

[31] Tomás Moro, "Utopía", en Imaz, *Utopías del Renacimiento*, 124-125.
[32] *Ibid.*, 139.
[33] Campanella, "La imaginaria ciudad", en Imaz, *Utopías del Renacimiento*, 190.
[34] *Ibid.*, 228.

en filosofía, política y tecnología. "Opinan que llegará un día en que todo el mundo viva según las costumbres de la ciudad del Sol [...]"[35]. Como mencionamos, el mismo Campanella creía que el mundo debería congregarse bajo una misma ley y que Dios les había dado a España y a los cristianos esa misión.

Tommaso Campanella (Stilo, Italia, 1568-1639)

Su nombre real era Giovanni Domenico Campanella, pero adoptó el nombre de Tommaso después de ingresar al convento dominico a una temprana edad. Fue un filósofo y teólogo que, influenciado por Marsilino Ficino, Bernardino Telesio y otros, se mostró contrario a las ideas aristotélicas sobre la física y el universo. Así quedó consignado en su primera obra, *Philosophia sensibus demosntrata*, publicada en Nápoles en 1591. Su distanciamiento de Aristóteles, su cercanía a las ideas de Galileo (con quien mantuvo contacto) y sus estudios sobre magia y ocultismo lo condenaron a un largo tiempo en prisión. Allí escribió varias de sus más importantes obras, como *Civitas solis, poetica idea reipublicae philosophicae*. Esta última la creó en Nápoles, pero fue publicada en Fráncfort en 1623. La obra guarda una gran familiaridad con la *Utopía* de Tomás Moro, pues allí describe lo que él considera una ciudad ideal. También se destacan textos como *Apologia pro Galileo, mathematico fiorentino*, que escribió hacia 1616 y que fue publicado en Fráncfort en 1623, en el cual defiende los planteamientos de física hechos por Galileo, y *Metaphysica*, publicado en París en 1638. Campanella murió en 1639 en París.

De manera más clara y explícita, el sueño de una nueva sociedad regida por una nueva ciencia de posibilidades casi ilimitadas y gobernada por hombres sabios la encontramos en *La Nueva Atlántida* de Francis Bacon. Si bien nos ocuparemos de este autor más adelante, vale la pena comentar aquí sobre su propia utopía. Esta es una obra relevante por su influencia sobre proyectos políticos reales que tomarían vida en la Inglaterra del siglo XVII, pues los objetivos de la Real Sociedad de Londres (véase el capítulo XVI) resultan muy familiares en este texto de ficción. El libro tiene referencias clásicas a la Atlántida de Platón y también es rico en alusiones bíblicas. Es prolijo, a su vez, en referentes relacionados con los grandes acontecimientos que tuvieron lugar en la Europa de su tiempo. Es el producto de un

[35] *Ibid.*, 249-250.

hombre con una fértil imaginación, pero de un hombre del siglo XVII. El sueño baconiano de las artes humanas y empíricas al servicio del poder humano no es un simple proyecto intelectual, sino una realidad de la Europa moderna.

La Nueva Atlántida es presentada en forma de diario de viaje, como el testimonio de quien ha visto y vivido todo lo narrado: "Partimos del Perú rumbo a China y Japón"[36]. Un vendaval, una fuerza natural y un milagro divino los llevan a un lugar desconocido. "[...] nos encontramos más allá de ambos mundos, el viejo y el nuevo, y solo Dios sabe si volveremos alguna vez a Europa, pues un milagro nos ha traído y solo otro podrá sacarnos"[37].

Como hemos visto, un lugar común de estas sociedades ideales son sus capacidades de navegación y exploración. "Respecto a los distintos oficios y empleos de nuestros compañeros, hay doce que llamamos comerciantes de la luz, que hacen viajes al extranjero [...] que nos traen libros, resúmenes y ejemplos de los experimentos de otras partes"[38]. Sobre estos exploradores Bacon aclara: "[...] el comercio que mantenemos no es por el oro, la plata, las joyas, especias, ni por ninguna otra comodidad material, sino solo por adquirir la primera creación de Dios, que fue la luz; para tener conocimiento, como os digo, del desarrollo de todas las partes del mundo"[39].

Como en su propio tiempo, para el gobierno de *La Nueva Atlántida* los viajes de exploración forman parte de las prioridades del rey, quien ordena:

> Que cada doce años se habían de enviar fuera de este reino dos naves designadas para varios viajes, y que en cada una partiría una comisión de tres individuos de la Casa de Salomón cuya misión consistía únicamente en traernos informes del estado y asuntos de los países que se les señalaba, sobre todo de las ciencias, artes, fabricaciones, inventos y descubrimientos de todo el mundo[40].

Entre estos, nuevas medicinas "[...] para los enfermos trajeron gran abundancia de esas naranjas escarlatas, las cuales, según ellos, eran un remedio infalible para las enfermedades adquiridas en el mar"[41]. Una versión sin duda idealizada, pero no tan lejana de lo que ocurría en los tiempos de los grandes viajes de exploración; seguramente Bacon tenía presentes los

[36] Francis Bacon, "La Nueva Atlántida", en Íñaz, *Utopías del Renacimiento*, 299.
[37] *Ibid.*, 306.
[38] *Ibid.*, 346.
[39] *Ibid.*, 323.
[40] *Ibid.*, 322-323.
[41] El escorbuto, la terrible enfermedad que afectaba a los marinos en las largas travesías, hoy sabemos, es causada por la falta de vitaminas. Por lo mismo, el consumo de cítricos es un remedio eficaz, como al parecer lo sabía Francis Bacon. Véase Bacon, "La Nueva Atlántida", en Íñaz, *Utopías del Renacimiento*, 306.

logros de la Casa de Contratación de España, que hizo de Sevilla el centro de acopio de nuevos conocimientos, fruto de los navegantes y exploradores.

La Nueva Atlántida es una utopía científica y moral. La primera pregunta de estas gentes fue "¿Sois cristianos?", y la respuesta encontrada "lo somos", razón por la cual fueron bienvenidos. En este lugar hay nativos, hebreos, persas e indios, pero todos forman parte de un mundo cristiano. Así, muy pronto en la narración, Bacon deja claro que se trata de una sociedad de buenos cristianos, lo cual genera desde un comienzo un vínculo y se hace evidente que no es tierra de enemigos sino una versión idealizada de la Europa cristiana. "No hay bajo los cielos nación tan casta ni tan exenta de toda corrupción o impureza que esta de Bensalem. Es la Virgen del mundo"[42].

En su obra de ficción, Bacon describe en detalle el Gobierno de esta sociedad ideal, el cual está a cargo de un grupo de hombres sabios congregado alrededor de la Casa de Salomón. "El objeto de nuestra fundación es el conocimiento de las causas y secretas nociones de las cosas y el engrandecimiento de los límites de la mente humana para la realización de todas las cosas posibles"[43]. Dicha idea de conocimiento está siempre dentro de una clara concepción religiosa y el fin último de la Casa de Salomón es el "estudio de las obras y criaturas de Dios"[44].

Llama la atención los numerosos inventos y conocimientos que posee esta gente maravillosa, son grandes ingenieros que han diseñado y construido aparatos y máquinas extraordinarias. Vale la pena recordar algunas de estas descripciones:

> Imitamos el vuelo de los pájaros, podemos sostenernos unos grados en el aire. Buques y barcos para ir debajo del agua que aguantan las violencias de los mares, cinturones natatorios y soportes. Diversos y curiosos relojes, unos con movimiento de retroceso y otros de movimientos perpetuos. Imitamos los movimientos de las criaturas vivientes con imágenes de hombres, bestias, pájaros, peces y serpientes [...][45].

El país descrito cuenta con lugares dedicados a la experimentación, que permiten el conocimiento, la alteración y el encauzamiento de la naturaleza, como "piscinas que puedan remover la sal y obtener agua dulce, y otras que técnicamente transforman el agua dulce en salada"[46], pozos utilizados para mejorar la salud y la prolongación de la vida, artefactos que permiten ver lo invisible.

[42] *Ibid*., 330.
[43] *Ibid*., 336.
[44] *Ibid*, 321-322.
[45] *Ibid*., 345.
[46] *Ibid*, 338.

> Nos procuramos los medios de ver objetos a gran distancia, como en el cielo o lugares remotos. Podemos presentar las cosas cercanas como distantes y las lejanas como próximas. Tenemos auxiliares para la vista muy superiores a las gafas y anteojos en uso; y lentes e instrumentos para ver cuerpos pequeños y diminutos como la forma y color de pequeñas moscas y gusanos, granos y las imperfecciones de las gemas, que de otro modo no sería posible ver; indispensables también para hacer exámenes de sangre y orina[47].

El desarrollo de la agricultura es tal que suple las necesidades de todos; con capacidades que nos hacen pensar en los logros y sueños de la ciencia moderna. Las plantas y los animales son objeto de manipulaciones al servicio del hombre.

> Tenemos grandes y variados huertos y jardines y en estos [...] hacemos, artificialmente, que árboles y flores maduren antes o después de su tiempo, y que broten y se reproduzcan con mayor rapidez que su curso natural. Y también artificialmente los hacemos más grandes y sus frutos más sabrosos, dulces y de diferente gusto, olor, color y forma. Y a muchos de ellos los hacemos también adquirir virtudes medicinales[48].

Lo que hoy nos parecen promesas de la ingeniería genética del siglo XXI, los habitantes de la Nueva Atlántida lo pueden hacer, como "transformar un árbol o una planta en otro"[49]. De manera similar, los animales son objeto de manipulaciones: "Y todo esto no lo hacemos por azar, sino que conocemos de antemano, según las sustancias y combinaciones, las clases de criaturas que han de surgir"[50].

Estos ejemplos de pensamiento utópico tuvieron su origen en la literatura de viajes y la explicación del Nuevo Mundo reflejan una característica común al pensamiento renacentista: el conocimiento y las artes son ahora instrumentos que le dan al hombre el poder de controlar la naturaleza e hicieron posible cambiar el destino de la humanidad. Con las artes "Nada le será imposible al hombre", y de nuevo en palabras de Bacon, será posible "Extender el poder humano sobre el universo"[51], "El hombre es un Dios para el hombre"[52].

[47] *Ibid.*, 343.
[48] *Ibid.*, 338-339.
[49] *Ibid.*, 339.
[50] *Ibid.*, 340.
[51] Ímaz, *Utopías del Renacimiento*, 39.
[52] *Ibid.*, 38.

Capítulo XII
ARTE Y VERDAD

Una obvia dificultad para entender el problema del conocimiento en el pasado es el uso de nuestras propias nociones de ciencia, arte o tecnología. Hoy resulta común la idea de que la ciencia y el arte son dos oficios con fines distintos. El artista, el artesano y el científico del presente parecen vivir en mundos separados que apenas se reconocen. En la actualidad es frecuente suponer que las percepciones o sentimientos individuales no deben formar parte de la construcción de un conocimiento científico, objetivo y neutral. El arte, por el contrario, parece celebrar la creatividad, las interpretaciones subjetivas y las miradas individuales.

Con el triunfo de los ideales de objetividad del siglo xix, la belleza y la verdad tomaron caminos divergentes y difíciles de reconciliar. Si bien las diferencias nos parecen evidentes, no siempre fue así y, como sugiere buena parte del arte contemporáneo, no tiene que ser de ese modo. En lo que sigue trataremos de mostrar la necesidad de entender que las fronteras entre la ciencia y el arte no son fijas e inquebrantables. Se trata de un problema fascinante para examinar en casi cualquier momento de la historia, tanto en Occidente como en otras tradiciones culturales. En esta oportunidad nuestro interés se limita a enfrentar la pegunta sobre arte y conocimiento en el Renacimiento europeo.

En la temprana modernidad esta separación carecía de sentido. Por el contrario, las fronteras entre el conocimiento y la estética eran difusas, ya que la filosofía natural y el arte tenían objetivos similares y operaban desde supuestos filosóficos comunes. Durante el Renacimiento, la obsesión del arte por imitar con la mayor fidelidad la naturaleza, y las concepciones epistemológicas y religiosas de un diseño y un orden racional para el mundo natural facilitó que los propósitos cognitivos de la filosofía natural y los estéticos del arte mantuvieran rumbos entrelazados.

Nuestra concepción algo idealizada del conocimiento científico no solo se opone al mundo del arte y la estética, sino que se diferencia de la técnica y de los saberes prácticos. Esta otra dicotomía —la distinción entre técnica y teoría, entre la práctica y el conocimiento filosófico[1]—, al igual que la separación entre estética y conocimiento, se ha arraigado sin mucha resistencia

[1] Para un acercamiento al problema desde la historia de la ciencia véase Manuel Medina, *De la techne a la tecnología* (Valencia: Trant lo Blanch, 1985).

y, una vez más, resulta poco útil para entender la cultura del Renacimiento. Aunque esta sección se centra en lo que se suele llamar *bellas artes* (pintura, escultura y arquitectura), a lo largo del libro será útil mantener un sentido amplio de *arte*: más cercano a la clásica noción latina *ars*, o su equivalente griego *techne*, que incluye técnicas y oficios que no están restringidos a una dimensión estética.

Desde la Grecia clásica encontramos una marcada diferencia jerárquica entre la *episteme*, como nivel más elevado de conocimiento, y la *techne*, que se ubica en un rango inferior. Sin embargo, a lo largo de la historia, y en particular en el mundo moderno, aparecen frecuentes puntos de encuentro que hacen poco conveniente una tajante separación[2]. Como ha sugerido un creciente número de historiadores, las prácticas artesanales tuvieron un impacto notable sobre el desarrollo de las ciencias modernas, y las tradicionales dicotomías entre el artesano y el teórico, entre los oficios manuales y los intelectuales, entre la práctica y la teoría no fueron tan claras en el Renacimiento. De hecho, la articulación entre los saberes empíricos y los teóricos fue definitiva, y constituye un punto clave para entender la historia tanto de la ciencia como del arte[3].

La referencia clásica más influyente sobre arte y arquitectura en el temprano Renacimiento fue la obra del romano Marco Vitruvio, para quien la arquitectura tenía el componente práctico (*fabrica*) y la teoría (*ratiotinatio*). El arquitecto requería de una amplia gama de conocimientos, tanto prácticos como teóricos, en geometría, pintura, aritmética, historia, filosofía y música. Vitruvio promovió el estudio de medidas, el uso y diseño de aparatos e instrumentos de observación, al igual que de relojes mecánicos. *De architectura* fue un tratado ampliamente estudiado; ocupó un lugar central en las obras de Leonardo, Brunelleschi, Alberti, Ghiberti, Filarete, Cesariano, entre muchos otros. Con múltiples copias y traducciones, *De architectura* fue una lectura obligada para cualquier artista o artesano del Renacimiento italiano[4].

La arquitectura es un caso en el cual se hace evidente la estrecha relación de la teoría con saberes técnicos propios de lo que hoy llamaríamos ingeniería. Contemporáneo de Leonardo da Vinci, Francesco di Giorgio fue un claro ejemplo de un ingeniero humanista. Interesado en el estudio de la obra de Vitruvio, fue el autor de dos tratados, *Tratato I y II*, sobre arquitectura, máquinas e ingeniería militar. El conocimiento técnico en estos campos,

[2] Pamela Long se refiere a las zonas de encuentro (*trading zones*) para explicar la importancia de la interacción entre saberes prácticos y teóricos en el mundo moderno. Véase Long, *Artisan/Practitioners*, 8. Véanse también Agustí Nieto-Galan, *Science in the Public Sphere: A History of Lay Knowledge and Expertise* (Londres: Routledge & Francis Group, 2016); Peter Burke, *The Italian Renaissance: Culture and Society in Italy* (Princeton: Princeton University Press, 1999).

[3] Véase Long, *Artisan/Practitioners*.

[4] *Ibid.*, 92.

como es entendible, resultaba de interés y clara importancia para los grandes mecenas y príncipes. Giorgio describe con detalle el funcionamiento, entre otros artefactos, de complejos molinos. Los oficios artesanales eran necesarios y, por lo mismo, quienes poseían conocimientos de ingeniería, trabajo en hierro o madera, tenían el reconocimiento de los mismos patronos que auspiciaban el desarrollo de las artes y las letras. De esta manera, aquellos con habilidades técnicas formaron parte o tuvieron cercanía con círculos de letrados humanistas. De hecho, muchos de ellos fueron autores y hombres de letras. Lorenzo Ghiberti, por ejemplo, se entrenó como herrero, fue un escultor en metal y un reconocido autor.

Marco Vitruvio (ca. 80-15 a. C.)

Autor del tratado sobre arquitectura más antiguo que se conserva y el único de la Antigüedad clásica. *De architectura* fue escrito entre los años 27 a 23 a. C. y fue conocido y utilizado durante la Edad Media; pero tuvo sobre todo un impacto notable en los humanistas y arquitectos del temprano Renacimiento italiano. Está compuesto por diez libros que tratan diversos temas, como materiales, técnicas decorativas, construcción, tipos de edificios, hidráulica, colores, mecánica y gnomónica, máquinas de tracción, elevadoras de agua y todo tipo de artefactos bélicos (catapultas, ballestas, tortugas, etc.). Se imprimió por primera vez en Roma en 1486 y tuvo múltiples ediciones posteriores que hicieron del tratado una fuente fundamental sobre arquitectura clásica, al igual que sobre pintura y escultura griegas y romanas. El famoso dibujo de Leonardo da Vinci, el *Hombre de Vitruvio*, sobre las proporciones del hombre, está basado en las indicaciones que aparecen en esta obra.

Los planes políticos y militares de los grandes Estados demandaron oficios y saberes técnicos relacionados con arsenales, astilleros, minería y metalurgia. Por su parte, el crecimiento de las ciudades fue un fértil terreno para el encuentro de los saberes que se requerían en la construcción de edificios, proyectos de ingeniería hidráulica, calles, acueductos y grandes iglesias. Estas necesidades prácticas de las ciudades y de los Estados coincidió con la proliferación de libros sobre temas técnicos, libros que solo podían ser escritos por quienes habían tenido entrenamientos técnicos en oficios y al mismo tiempo una educación sofisticada. El caso de la náutica y de los manuales de navegación que vimos con algún detalle es una buena muestra de ello. La navegación oceánica requiere de la experiencia y el conocimiento

del práctico hombre de mar y también del cosmógrafo, quien sabe astronomía y puede hacer mediciones de posiciones geográficas con instrumentos como el astrolabio.

La ingeniería naval podría ser otro interesante ejemplo para ver la transformación de saberes prácticos en tratados teóricos, pero la lista de estas *zonas de encuentro*[5] es muy amplia: arquitectura, escultura, ingeniería, minería, alquimia y, de cierta manera, medicina. Podemos incluso afirmar que una característica definitiva del Renacimiento fue el hecho de que los hombres de letras tuvieron entrenamiento en oficios prácticos y empíricos, al mismo tiempo que una educación letrada[6].

Lorenzo Ghiberti (Florencia, Italia, 1378-1455)

Escultor y orfebre, figura emblemática del Renacimiento italiano y contemporáneo de artistas y escultores como Brunelleschi, Alberti y Donatello, entre otros. Hacia 1401, Ghiberti fue ganador de un concurso —en el cual también participó Brunelleschi— que buscaba a un escultor para decorar las puertas del Battistero di San Giovanni, en Florencia. Para llevar a cabo esta tarea, que tardó poco más de veinte años construyeron el que sería uno de los principales talleres de escultura de la época. Allí trabajaron también artistas como Donatello, Uccello, Michelozzo di Bartolomeo, entre otros. Tiempo después, el famoso Miguel Ángel, exaltando el trabajo de Ghiberti, diría que las puertas decoradas por este eran las puertas del Paraíso. Ghiberti también escribió los textos conocidos como *I Comentari*, en los que hace un análisis histórico y autobiográfico del arte italiano. Ghiberti murió en su ciudad natal.

Este encuentro entre los hombres de letras y los hombres que realizaban oficios prácticos influyó en una nueva manera de entender el mundo natural, la cual supuso el trabajo manual, el contacto directo, las mediciones precisas y, en últimas, un conocimiento con bases empíricas. Las tradiciones artesanales, podemos argumentar, tienen una vocación empírica que forma parte de la emergencia de un nuevo saber en el mundo moderno[7].

Tanto el arte como la ciencia de la Europa moderna tuvieron un mercado, una finalidad, que tampoco podemos separar de complejas redes de

[5] *Ibid.*, 92.
[6] Burke, *The Italian Renaissance*, 54.
[7] Véase Long, *Artisan/Practitioners*.

mecenazgo muchas veces compartidas por humanistas, artesanos, arquitectos, pintores y músicos. Los grandes centros artísticos y culturales del Renacimiento fueron al mismo tiempo grandes centros económicos. La Florencia de los Medici es una clara muestra del impacto de las nuevas élites sobre las artes y la ciencia. Para 1441, además de sus grandes empresas comerciales y manufacturas de telas en Florencia, los Medici tenían sucursales de su empresa bancaria en Roma, Venecia, Ancona, Brujas y Ginebra. Algunos años más adelante, ampliarían su presencia a Inglaterra y Francia. La familia, en solo dos generaciones, pasó de ser una de prominentes hombres de negocios en su ciudad, a una de príncipes con control político total de uno de los centros económicos más importantes del mundo.

Su capacidad de adquisición y su manera de mostrar su lugar en la sociedad hizo de los Medici una gran empresa que promovió para su reconocimiento el desarrollo de las artes, la ingeniería y la filosofía. La llamada Academia platónica, auspiciada por Cosimo de Medici, fomentó el estudio y el desarrollo de un trabajo intelectual con visible impacto en la historia cultural europea. Lorenzo di Pierfrancesco de Medici, quien le encargó a Botticelli el *Nacimiento de Venus*, fue también el protector de Américo Vespucio. Los mejores músicos, arquitectos y artistas dependieron y entregaron sus vidas a los grandes príncipes de la Europa moderna. El mismo Galileo, como veremos, debe su fama y reconocimiento a la vida cortesana de la Florencia de los Medici.

A pesar de las obvias coincidencias, por mucho tiempo historiadores del arte y de la ciencia se han ignorado, e incluso han reforzado sus fronteras con el tradicional antagonismo en el que se oponen la creatividad y el carácter ficticio del arte con la objetividad y la veracidad de la ciencia. Historiadores del arte y de la ciencia suelen hacer énfasis en las diferencias, pero también es cierto que con frecuencia señalan influencias mutuas, reconociendo elementos de carácter científico en el arte o estéticas en la ciencia. Es común, por ejemplo, referirse a la perspectiva como un elemento científico en el arte. La unificación del espacio, el establecimiento de reglas de proporción, la restricción de la representación artística a un único tema y la concentración de la composición en una forma inmediatamente inteligible formaron parte de la nueva racionalidad, en la cual las nuevas representaciones artísticas estuvieron determinadas por lo que algunos definen como una racionalidad científica. Así mismo, no son extraños los argumentos sobre cómo el pensamiento científico del Barroco estuvo en muchos casos determinado por principios artísticos[8]. De manera que no solo el arte puede seguir los parámetros

[8] Véase John Rupert, *Baroque* (Londres: Westview Press, 1977).

científicos, sino que la ciencia también puede ser vista desde una perspectiva artística con fines estéticos[9].

Es ya un lugar común difícil de evadir que el rigor científico del arte y las bases estéticas de la ciencia son características fundamentales de la racionalidad del Renacimiento. La perspectiva y la representación geométrica en la pintura y la arquitectura del siglo XV parecen ser concepciones científicas, mientras que las nuevas cosmologías de Copérnico y Kepler, y su representación del sistema solar, al igual que la anatomía o la historia natural tienen elementos estéticos.

En nuestra aproximación al problema, más que buscar relaciones y paralelos entre campos distintos, bien sea en términos de arte y ciencia o de técnica y ciencia, lo que buscamos es mostrar su inseparabilidad. A pesar de una amplia literatura que insiste en la influencia del racionalismo científico sobre el arte, preferimos abordar el problema en otros términos, ya que la noción de *científico* para el periodo que nos ocupa resulta anacrónica. En primer lugar, no había en el siglo XV algo que pudiera identificarse como ciencia de la manera en la que la entendemos hoy. Resulta, por lo tanto, mucho más interesante y acorde con su tiempo que estudiemos la noción de *verdad* en distintas formas de entender y representar el mundo natural y explicar los supuestos e influencias filosóficas sobre las cuales se legitimaron estas.

La palabra *Renacimiento* supone la intensión de volver al origen, idea que tuvo un sentido particular en la Italia del Quattrocento, con el humanismo y la idealización del arte y la literatura antigua. Este fue un propósito italiano, con el cual se pretendía recuperar la grandeza de Roma como centro de la civilización[10]. Su concepción estética y filosófica tiene una clara referencia a autores romanos, como Vitruvio, y a escuelas griegas, en particular se presentó un revitalizado platonismo que le dio un carácter particular al humanismo de las cortes y los centros urbanos de la península itálica en los siglos XV y XVI.

No pretendemos en esta sección ofrecer una definición única del espíritu del Renacimiento, pero trataremos de encontrar algunas características dominantes en la concepción de la naturaleza y su representación, que fueron comunes en el arte, la arquitectura y la filosofía natural. Bajo la influencia de una tradición neoplatónica, astrónomos y artistas legitimaron sus obras según principios comunes. A lo largo de las páginas que siguen, veremos cómo uno de los vínculos que unieron a la filosofía y al arte se dio en torno a las ideas de unidad, proporción, armonía, belleza y verdad, las cuales confluyeron

[9] Véase, por ejemplo, Arnold Hauser, *Historia social de la literatura y el arte* 1 (Barcelona: Editorial Labor, 1978), 333-440; Ernst Gombrich, *Art & Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation* (Londres y Nueva York: Phaidon Press Limited, 2002).

[10] Para un análisis completo sobre el Renacimiento italiano véase Burke, *The Italian Renaissance*.

de manera similar y fueron determinantes en la cultura renacentista, en la astronomía, la física, la arquitectura, la pintura y la música.

Vale la pena recordar que la tradicional idea de ciencia moderna se fundamentó sobre dos pilares filosóficos: por un lado el racionalismo y la descripción matemática de la naturaleza, que tendría seguidores notables como Kepler, Galileo, Descartes o Newton; y por otro lado, el empirismo, enunciado en parte por Francis Bacon, pero también presente en toda la tradición experimental de Robert Boyle, Gilbert, Harvey, así como en aspectos claves de la ciencia galileana y newtoniana. Con bastante anterioridad a la llamada revolución científica, estas mismas tensiones y posiciones frente al conocimiento se hicieron visibles en el mundo del arte, en el que el racionalismo y la experiencia directa encontraron abanderados notables en la historia de la pintura y otras artes.

Nos enfrentamos a un fascinante periodo de grandes cambios y a una larga lista de personajes de talentos extraordinarios; pero no podemos perder de vista que el ímpetu creativo y la osadía del ser humano del Renacimiento nunca abandonó una cosmología con profundas raíces en la teología monoteísta propia del mundo cristiano. Si revisamos la obra de los más influyentes pensadores y artistas del Renacimiento —como Leon Battista Alberti, Leonardo da Vinci, Filippo Brunelleschi, Nicolás Copérnico, Johannes Kepler, Galileo Galilei, René Descartes y casi todos los grandes filósofos, artistas u hombres de ciencia, hasta Newton—, todos parecen coincidir en que el conocimiento es posible porque el mundo se concibe como la obra de un Creador racional. La naturaleza tiene un orden, es armoniosa e inteligible; lo cual parte de una visión del mundo profundamente religiosa.

Como vimos en el capítulo anterior, el "renacer" de los siglos XV y XVI fue un renacer de la fe en los seres humanos, fe en un nuevo hombre que se descubría a sí mismo y comenzaba a creer en sus propias capacidades. El humanismo, el arte, la magia, la alquimia, la astrología, la llamada ciencia moderna y el surgimiento de nuevas clases sociales fueron manifestaciones de la emancipación de un nuevo hombre que parecía estar preparado para apropiarse de los secretos de la creación y tomar control de su propio destino. No obstante estas manifestaciones de autonomía y a pesar de los dramatizados conflictos entre la ciencia moderna y la Iglesia, el Renacimiento fue una época de una profunda espiritualidad, en la cual la religión desempeñó un papel fundamental en los campos de la política, la filosofía y el arte por igual.

En el acápite sobre la tradición hermética se insistió en la emergencia de una nueva relación del hombre con la naturaleza, describimos una nueva actitud en la cual el conocimiento de Dios parece ser posible por medio de su obra. El hombre descubre la naturaleza y quiere entender sus leyes; los misterios del cosmos parecen estar al alcance de la razón humana. En términos familiares a las grandes tradiciones de la filosofía griega, el conocimiento es posible porque el mundo es la creación de una mente racional.

Hasta el momento hemos insistido, con justa razón, en la preponderancia de lo visual en la historia de la verdad y a lo largo de todo el libro nos hemos referido a textos e imágenes. No obstante, es oportuno recordar que la música formó parte de la educación en las universidades medievales como una de las siete artes liberales, como uno de los componentes del *cuadrivium*, junto con la aritmética, la geometría y la astronomía. No es extraño que la idea de orden natural, de un cosmos en armonía, esté presente también en la música, o mejor, que la música sea una forma distinta de expresar dicho orden natural.

La antigua idea de los pitagóricos de un orden matemático para la naturaleza se hizo patente en la armonía musical, la cual obedecía a un orden natural y matemático preciso. Sin duda, la música también formó parte importante de la vida cortesana, indispensable en todo tipo de celebraciones de las casas reales. Recitales, bailes o grandes presentaciones, como las óperas, fueron unas de las formas en las que los grandes príncipes mostraron su poder y su gusto. Así, la música y el baile no eran ajenos a los ideales de orden y armonía propios de la estética del Renacimiento.

Al mismo tiempo que Galileo hacía públicas sus observaciones telescópicas en *El mensajero sideral*, en la misma cultura cortesana, esta vez al servicio de Vincenzo Gonzaga, duque de Mantua, Claudio Monteverdi (1587-1643) creaba obras musicales en las que la voz humana y una compleja orquesta de diversos instrumentos formaban parte de una obra en rigurosa armonía. Monteverdi fue maestro de la capilla de San Marcos en Venecia, un prestigioso cargo en el ámbito musical italiano.

La leyenda de Orfeo recreada por Monteverdi es una clara expresión del Renacimiento europeo. La recreación moderna de dramas clásicos griegos no es una novedad, pero el tema del mito de Orfeo resulta significativo. El amor y el dolor de Orfeo por la pérdida de su amada Eurídice, quien muere debido a la mordedura de una serpiente el día de su boda, le sirven de inspiración para producir una música tan perfecta que conmueve a los dioses, quienes le permiten entrar al mundo de los muertos y reencontrarse con su amada. Con su música, Orfeo puede cambiar y controlar su mala fortuna. Orfeo, finalmente, encarna el poder de las artes humanas sobre la naturaleza.

En la primera parte de este capítulo, nos ocuparemos del tratamiento geométrico del espacio y la perspectiva. Veremos cómo los conceptos de armonía, unidad, inteligibilidad, proporción, verdad y belleza son inseparables, lo cual nos facilitará entender, más adelante, una vez nos ocupemos de la revolución copernicana, cómo criterios estéticos desempeñaron un importante papel en la validación de la cosmología moderna.

Luego, veremos cómo el propósito del arte de lograr representaciones fieles a la realidad, lejos de ser un tema exclusivo de la Italia del temprano Renacimiento, tomó un vigor particular en el norte de Europa. Van Eyck, Durero y los artistas holandeses del siglo XVII, como Vermeer y Rembrandt,

IMAGEN XII.1. *"Dios mide el universo con un compás"*, Bible Moralisée, *siglo XIII, Biblioteca Nacional de Austria, Viena*

FUENTE: "God the Geometer", *Wikimedia Commons*, última modificación 29 de enero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/QPs6s2.

parecen haber llevado al límite la obsesión por un realismo no muy distinto al de la historia natural, la anatomía o la astronomía.

No se trata de argumentar que por primera vez en el siglo XV el arte logró representaciones veraces del mundo y que los artistas de la temprana modernidad fueron los primeros en observar detalladamente la naturaleza; se trata de apreciar la emergencia y el triunfo de nuevas formas y técnicas de representar el mundo, que le dieron renovada credibilidad estética y filosófica a una nueva generación de artistas.

Tanto los italianos como los flamencos experimentaron y buscaron nuevas formas de representación en un momento de profundos cambios en la cultura del Renacimiento. Formaron parte de un gran movimiento de emancipación, de un nuevo hombre que ganaba confianza en su poder sobre otros humanos y sobre la naturaleza. La más evidente manifestación de poder terrenal se expresaba en el éxito comercial y en la capacidad adquisitiva de familias y Estados que acumulaban fortunas sin precedentes en la historia europea. La religión, el comercio y la política fueron fundamentales para la credibilidad y el éxito de ciertas formas de expresión artística.

Sin duda, esta confluencia de factores tiene una profunda relación con el tema de este libro: la historia de la verdad. Aunque para la mayoría de los observadores modernos el mundo del arte solo comprende la pintura, la escultura, la arquitectura y la música, nosotros encontramos en él profundos debates epistemológicos y el reflejo de preguntas y tradiciones filosóficas muy similares a las del mundo de la cosmología, la cartografía o la filosofía natural.

Encontramos, por un lado, la fuerte influencia de una tradición platónica para la cual la geometría y las matemáticas ofrecen el lenguaje mismo de la creación y, por otro lado, la idea de la experiencia directa y las meticulosas observaciones de la naturaleza. La cartografía sevillana del siglo XVI, el cosmos de Johannes Kepler, la física de Galileo, el cuerpo humano de Vesalio, las pinturas de Leonardo, de Vermeer o de buena parte de los grandes artistas del Renacimiento son más que copias mecánicas y pasivas del mundo natural. Estas tienen un componente de realismo que se sustenta en un conjunto de prácticas y códigos complejos. Nos interesa entonces entender las nuevas reglas y los fundamentos filosóficos de las originales formas de representación visual que buscaron copiar la realidad con la mayor fidelidad posible.

La perspectiva y el lenguaje divino de la geometría y las matemáticas

La idea misma de arte renacentista parece estar atada a Florencia y a personajes como Masaccio, Brunelleschi, Donatello, Alberti y Piero della Francesca, a quienes se les reconoce por su aplicación de principios matemáticos en el tratamiento del espacio. Bajo la influencia de tradiciones cosmológicas y filosóficas griegas y romanas, la teoría del arte toscana del temprano Renacimiento encontró en la proporción y la unidad un nuevo ideal de perfección, en el cual cada pieza de un edificio, cada capitel, cada columna o baldosa, cada uno de los elementos de una pintura o de una escultura debían formar parte armónica de la obra en su conjunto. Esta obsesión con la unidad y la proporción geométrica en la pintura y en la arquitectura tuvo un obvio fundamento epistemológico en los supuestos platónicos de una realidad compuesta de formas eternas e inmutables. La revitalización del platonismo, como veremos, desempeñó un papel definitivo en la pintura, la arquitectura, la escultura, la música, la astronomía, la óptica, la magia y la física a lo largo del Renacimiento, dentro y fuera de Italia.

Uno de los temas centrales de la nueva estética del siglo XV fue el auge de un tratamiento geométrico en la representación del mundo natural. Sin embargo, podemos encontrar ejemplos del uso de la perspectiva en la pintura antes de Brunelleschi, como en el caso de Giotto (1267-1337), pero es en el siglo XV cuando se impuso una tradición geométrica, no solo en la práctica sino en la teoría del arte. La perspectiva lineal formó parte de la pintura de principios del siglo XV en Florencia y se convirtió en una herramienta

fundamental para la representación visual de la profundidad espacial sobre un plano. Es decir, en una imagen plana se brindaba la sensación realista de que los objetos representados estaban lejos o cerca y aparecían grandes o pequeños dependiendo de su distancia con el observador (véase la imagen XII.8.). Esto produce una sensación de "veracidad" y la idea de una representación más fiel del mundo natural. Veamos entonces algunas de las más notables expresiones de este ideal platónico de orden en las artes.

Tommaso Cassai Masaccio

Un uso temprano de técnicas de perspectiva en pintura es evidente en la obra de Masaccio (1401-1428). Es común la mención de la *Sagrada Trinidad, con la Virgen, san Juan y donantes* (1426, véase la imagen XII.2.) en las historias de la pintura del Renacimiento italiano, como una de las primeras obras que siguen al pie de la letra las reglas matemáticas de la perspectiva. En el centro de la pintura, Dios Padre sostiene el cuerpo sin vida de Jesús crucificado dentro de una bóveda de proporciones simples y precisas. De manera equilibrada rodean el cuerpo de Cristo cuatro figuras humanas: la Virgen y san Juan bajo la cruz, y los donantes —un mercader y su mujer—, que parecen estar orando. Toda la composición respeta un equilibrio geométrico y la armonía de la composición es evidente. Gracias a los principios básicos de la perspectiva, la bóveda en la cual se encuentra Jesús se representa de tal manera que la pintura sobre la pared plana da la ilusión de profundidad, de una aparente bóveda diseñada según rigurosos principios de proporción matemática.

Masaccio no fue el único en acoger estos principios estéticos, la lista de artistas notables que se sumaron a estos parámetros es larga. Algunos ejemplos tempranos son: *La anunciación* de Fra Angélico (1400-1455) y *La Virgen y el Niño con santos* (también conocida como *Virgen de la Galería Brera*) de Piero della Francesca[11]. En los cincuenta años que siguieron a la *Sagrada Trinidad* de Masaccio, encontramos no solo grandes maestros de la perspectiva sino expresiones teóricas muy detalladas, como las de Alberti, Ghiberti y Piero della Francesca, y no pocos pintores en distintos lugares de Italia que adoptaron los principios básicos.

La escultura no fue ajena a esta búsqueda de unidad y proporción, el círculo de Brunelleschi se preocupó por su estudio, como se refleja en las obras del maestro florentino Donatello (1386-1466), entre ellas, en el *Festín de Herodes* (1427) vemos un efecto de profundidad y realismo gracias al principio de perspectiva[12].

[11] Christiane Joost-Gaugier, *Italian Renaissance Art: Understanding its Meaning* (Chichester: Wiley-Blackwell, 2013), 40, 52.

[12] Gombrich, *Historia del arte*, 189.

IMAGEN XII.2. Sagrada Trinidad, con la Virgen, san Juan y donantes, *Masaccio, 1425, basílica de Santa Maria Novella, Florencia*

FUENTE: "Masaccio 003", *Wikimedia Commons*, última modificación 11 de abril del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/4Gl9wP.

IMAGEN XII.3. La anunciación, *Fra Angélico, 1430-1432, Museo del Prado, Madrid*

FUENTE: "La anunciación, by Fra Angelico, from Prado in Google Earth", *Wikimedia Commons*, última modificación 21 de noviembre del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/jQvgPh.

IMAGEN XII.4. La Virgen y el Niño con santos, *Piero della Francesca, 1472, Pinacoteca de Brera, Milán*

FUENTE: "Piero della Francesca 046", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de julio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/G2YYit.

IMAGEN XII.5. Festín de Herodes, *Donatello, 1427, pila bautismal del baptisterio de la catedral de Nuestra Señora de la Asunción de Siena*

FUENTE: "Formella 06, donatello, banchetto di erode, 1427 01", *Wikimedia Commons*, última modificación 20 de noviembre del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/fHth3M.

Filippo Brunelleschi

En la opulenta Florencia de los Medici de las primeras décadas del siglo XV, sobresalió un grupo de artistas con una propuesta de renovación que tuvo un impacto duradero sobre el arte occidental. Una figura de indiscutible liderazgo en este capítulo de la historia de la arquitectura y del arte fue el arquitecto Filippo Brunelleschi. Si bien Brunelleschi recibió una buena educación y tenía conocimientos en latín y en matemáticas, la profesión que eligió fue la orfebrería. Con el tiempo, su ejercicio de artesano con el metal cedió espacio a intereses más arquitectónicos. Esta combinación de capacidades y conocimientos teóricos y artesanales, como hemos insistido, es fundamental para entender no solo su obra, sino el Renacimiento y la ciencia moderna.

Filippo Brunelleschi (Florencia, Italia, 1377-1446)

Artista y arquitecto, representó en sus trabajos el pensamiento renacentista. Es reconocido por introducir el concepto de perspectiva cónica en la pintura y por haber sido uno de los principales diseñadores y trabajadores de la cúpula de la catedral de Florencia, su principal obra. También participó en la construcción de la basílica de San Lorenzo, en la misma ciudad. Brunelleschi representó una concepción de la estética muy ligada a la perfección geométrica, que acogieron otros artistas, como Leon Battista Alberti, Miguel Ángel y Leonardo da Vinci. Brunelleschi murió en su ciudad natal en 1446.

Historiadores del arte, como Martin Kemp, se refieren al *descubrimiento* de la perspectiva por parte de Filippo Brunelleschi a inicios del siglo XV. Aunque, tal vez la idea de *descubrimiento*, como si alguien en un momento particular hubiera "encontrado" la perspectiva —las leyes matemáticas por las cuales los objetos disminuyen de tamaño a medida que están más lejos del observador— no tiene mucho sentido. Podría ser más adecuado referirse a la *invención* o, incluso mejor, a la formalización de una serie de prácticas que adoptaron un numero creciente de artistas y que luego tuvieron un respaldo teórico explícito.

Empezando por lo obvio, el tratamiento geométrico del espacio para la representación visual, como lo hemos señalado en acápites anteriores, tiene antecedentes claros en la astronomía, la geografía y la cartografía. La cartografía de Claudio Ptolomeo es un ejemplo notable que ya hemos explicado, pero no el único. A finales del siglo XIII se difundieron por Italia manuscritos de la *Opus maius*, del naturalista y teólogo aristotélico Roger Bacon (1214-1229), la cual contiene amplias explicaciones sobre la perspectiva. Uno de los escritos de Bacon, *De sensu*, en el que se expone la teoría del color, era estudiado en Padua y posiblemente influyó en artistas como Giotto, cuya obra ya da muestras de una preocupación por el tratamiento geométrico del espacio.

Entonces, no fue Brunelleschi el único ni el primer artista de su tiempo que habría puesto en práctica técnicas de perspectiva geométrica en el arte; pero con los escritos de Brunelleschi se formalizó y difundió un conocimiento teórico llevado a su máxima expresión de rigor. De hecho, la historia de la perspectiva y sus usos en el arte es un interesante caso para pensar las relaciones entre teoría —si se quiere "ciencia"— y técnica o práctica. La tradicional idea de la tecnología como ciencia aplicada, parece, una vez más, de

IMAGEN XII.6. *Iglesia de san Lorenzo, Filippo Brunelleschi, 1422-1446, interior de la iglesia de San Lorenzo, Florencia*

FUENTE: "Brogi, Carlo (1850-1925), n. 8627, Firenze, Interno della chiesa di S. Lorenzo", *Wikimedia Commons*, última modificación 7 de noviembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/yUyvz7.

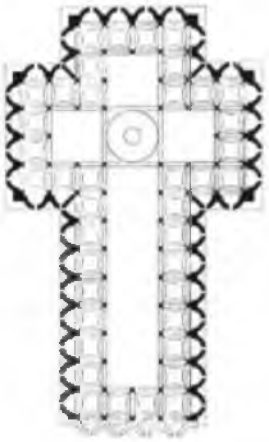
poca utilidad[13]. Resulta entonces más adecuado apreciar una práctica con un creciente número de adeptos dentro de una tradición filosófica y estética propia de una época y de un lugar: el neoplatonismo de la Italia del siglo XV.

En la obra arquitectónica de Brunelleschi es evidente el rigor de la geometría en sus diseños, en los que la armonía, la unidad, la perfecta proporción y la correspondencia de las partes de un todo constituyen las bases modulares, propias de la arquitectura renacentista. Sus edificios parecen concebidos gracias a una retícula geométrica, en la cual la unidad de la obra está sujeta a los cánones de perspectiva con un único punto de fuga. La iglesia de San Lorenzo es un ejemplo en el que la exactitud matemática es un principio estético claro y fundamental.

Por medio de la perspectiva y las nuevas herramientas matemáticas, buscando una legitimación en la sabiduría de los antiguos, el arquitecto también aspiraba a encontrar leyes universales que se reflejaran tanto en el diseño de sus edificios como en la estructura del mundo natural. Para Brunelleschi, la

[13] Véase, por ejemplo, Medina, *De la techne*.

IMAGEN XII.7. *Basílica del Santo Espíritu, Filippo Brunelleschi, 1444, plano de la basílica del Santo Espíritu, Florencia*



FUENTE: "Santo Spirito Filippo Brunelleschi", *Wikimedia Commons*, última modificación 11 de noviembre del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/75Yu22.

arquitectura era una ciencia que se debía nutrir de la mejor educación filosófica y, en su caso, el neoplatonismo fundamentó sus ideas y creaciones. El mundo tiene que reflejar la inteligencia de Dios en un sistema armonioso, y para representar ese orden de la creación necesitamos un sistema de pensamiento ordenado.

Leon Battista Alberti

Alberti (1404-1472) desempeña un papel definitivo en esta historia por su esfuerzo por sistematizar y formalizar las reglas de la nueva estética. Educado en la mejor tradición humanista, si bien no podemos leerlo como un platónico ortodoxo, en su obra es evidente la influencia del pensamiento neoplatónico propio de la academia florentina. Alberti fue uno de los pioneros en difundir la idea de que las matemáticas debían ser la base común para la ciencia y el arte. Su famoso tratado *Della pittura*, que en su versión italiana (1435) fue dedicada a Brunelleschi, tiene el firme propósito de señalar el método y el camino para abandonar el arte medieval e iniciar una nueva era.

Su tratado es una expresión de lo que ya era notable en la práctica del grupo de artistas al que pertenecía, y del que formaban parte también Filippo Brunelleschi, Ghiberti, Donatello y Masaccio, entre otros. Todos ellos compartían el imperativo de darle un fundamento matemático a la representación de la naturaleza o al diseño de edificios. En la dedicatoria a Brunelleschi es evidente su respeto por la obra de artistas clásicos y también su admiración por algunos de sus contemporáneos: "Por encima de muchos otros, reconocí en usted, Filippo, y en nuestro gran amigo el escultor Donatello y otros como Luca y Masaccio, la genialidad en cada una de sus encomiables obras, de ninguna manera inferiores a la de los antiguos que han merecido la fama en estas artes"[14].

Leon Battista Alberti (Génova, Italia, 1404-1472)

Figura emblemática del Renacimiento, humanista, poeta, arquitecto, teórico del arte, ingeniero y matemático. Alberti perteneció a una de las más pudientes familias de comerciantes y banqueros de Florencia, la cual luego se mudó a Venecia. Por sus privilegios sociales, la educación de Alberti tuvo lugar en los grandes centros de enseñanza del norte de Italia: Padua y Bolonia. Se ordenó como sacerdote y en 1431, a los veintisiete años, fue uno de los secretarios de la corte papal en Roma. Sirvió allí durante varios años y trabajó también como arquitecto y diseñador para varias familias adineradas del norte de la actual Italia. Mantuvo una estrecha relación con artistas como Brunelleschi, Donatello y Masaccio. Al igual que ellos, estuvo interesado en encontrar regularidades, proporciones y exactitud en sus obras arquitectónicas y artísticas. Además de sus trabajos en arquitectura, Alberti fue autor de textos teóricos sobre arte, en los cuales les dio gran importancia a las matemáticas. En su obra *Della pittura*, de 1436, Alberti usó en gran medida la geometría euclidiana para analizar las medidas de los cuerpos y sus proporciones. Asimismo, realizó estudios sobre el color y las tonalidades. Alberti escribió un tratado teórico sobre la arquitectura titulado *De re aedificatoria*, publicado después de su muerte, en 1485, y publicó hacia 1464 un libro del mismo estilo sobre la escultura, titulado *De statua*.

[14] "I recognized in many, but above all in you, Filippo, and in our great friend the sculptor Donatello and in others, Nencio, Luca and Masaccio, a genius for every laudable Enterprise in no way inferior to any of the ancients who gained fame in these arts". Leon Battista Alberti, *On Painting*, traducido por Cecil Grayson (Londres: Penguin Group, 2004), 34. Traducción propia.

Su notable influencia amerita una breve presentación de los contenidos de su obra. La estructura y el propósito del tratado quedan claros en la dedicatoria de la versión italiana: se compone de tres libros, el primero, "el cual es enteramente matemático, muestra de qué manera este bello y noble arte tiene sus raíces en la naturaleza misma"[15]. El segundo, "pone el arte en las manos del artista" y tiene el propósito de "instruir al pintor sobre cómo ejecutar con sus manos lo que ha sido entendido por la mente"[16]. El tercero, "instruye al artista acerca de cómo puede y debe ganar dominio total y comprensión del arte de la pintura"[17].

En esta tercera parte, Alberti insiste sobre los requisitos para ser un verdadero artista, que no se limitan a lo técnico sino a virtudes morales y académicas: "El pintor debe ante todo ser un buen hombre y con buen conocimiento de las artes liberales"[18]. Como es predecible, sobre todo, aclara Alberti, el pintor debe tener un buen conocimiento de la geometría[19]. Las ideas de Vitruvio sobre proporciones naturales son acogidas por Alberti. Citando a Protágoras dice: "El hombre es la medida de todas las cosas"[20] y la escala humana es la base de la composición de un cuadro. Empieza trazando un rectángulo a manera de ventana por el cual se observa el mundo. Ese recuadro básico se divide en dos con una línea u horizonte que define el punto de vista y si los objetos están por encima o por debajo del observador.

Las matemáticas y la geometría son de central importancia dentro de la filosofía de la representación en Alberti; pero es clave recordar que, para él, el problema de la representación no solo es un asunto de proporción y perspectiva: "La composición es aquella regla de la pintura por medio de la cual las partes de las cosas se ven unificadas en la pintura. La más grande obra pictórica no es un coloso sino una 'historia'. Una 'historia' le da mayor reconocimiento al intelecto que cualquier coloso. Los cuerpos son parte de la 'historia', los miembros parte de los cuerpos y los planos parte de los miembros"[21]. Sin embargo, al final del primer libro leemos: "[...] los planos y las intersecciones son cosas necesarias. Aún nos falta enseñar al pintor a

[15] "The first, which is entirely mathematical, shows how this noble and beautiful art arises from roots within Nature herself". Alberti, *On Painting*, 35. Traducción propia.

[16] "The main purpose of the second book is to instruct the painter how he can present with his hand what he has understood in his mind". Martin Kemp, citado en Alberti, *On Painting*, 14. Traducción propia.

[17] "[...] instructs the artist how he may and should attain complete mastery and understanding of the art of painting". Alberti, *On Painting*, 35. Traducción propia.

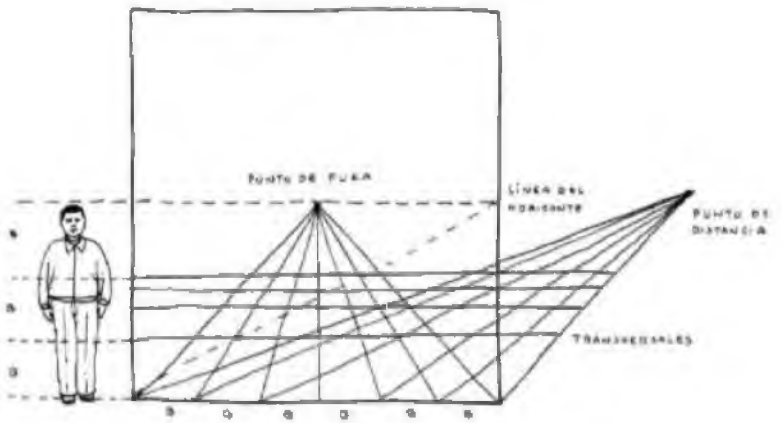
[18] "I would have the painter first of all be a good man, well versed in the liberal arts". Alberti, *On Painting*, 87. Traducción propia.

[19] "I want the painter, as far as he is able, to be learned in all the liberal arts, but I wish him above all to have a good knowledge of geometry". Alberti, *On Painting*, 88. Traducción propia.

[20] "Man is the scale and the measure of all things". Alberti, *On Painting*, 53. Traducción propia.

[21] "Composition is the procedure in painting whereby the parts are composed together in the picture. The great work of the painter is not a colossus but a 'historia', for there is far more

IMAGEN XII.8. *Principio de perspectiva*



En la explicación del principio de perspectiva de Alberti se identifica un punto de fuga que coincide con el horizonte y la distancia desde la base del cuadro hasta el punto de fuga es proporcional a la estatura de un hombre dividida en tercios. El observador ve cómo el tamaño de los objetos disminuye de manera proporcional a sus propias dimensiones.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez

seguir con sus manos lo que ha aprendido con su mente"[22]. El tratamiento matemático del espacio es necesario pero no suficiente, y el llamado a una observación diligente es también parte del éxito de la pintura: "Me parece que no hay un camino más seguro que ver la naturaleza y con atención observar cómo ella, la maravillosa creadora de las cosas, ha compuesto las superficies en bellos componentes"[23].

Della pittura se convertiría en referencia obligada y punto de partida para posteriores tratados sobre pintura. Su filosofía del arte, en términos generales, la podríamos resumir de la siguiente manera: a pesar de que la

merit in a 'historia' can in a colossus. Parts of the 'historia' are the bodies, part of the body is the member, and part of the member is the surface". Alberti, *On Painting*, 71. Traducción propia.

[22] "These remarks on surfaces and intersection were, therefore, essential for our purposes. We will now go to instruct the painter how he can represent with his hand what he has understood with his mind". Alberti, *On Painting*, 59. Traducción propia.

[23] "[...] there seems to me no surer way than to look at nature and observe long and carefully how she, the wonderful maker of things, has composed the surfaces in beautiful members". Alberti, *On Painting*, 71-72. Traducción propia.

información obtenida por los sentidos son la primera fuente de conocimiento, la geometría y las matemáticas son el único camino para darle sentido y perfección a la experiencia sensorial. La naturaleza es homogénea y el conocimiento de sus partes nos conduce al conocimiento del todo. Para Alberti, "Ningún objeto en pintura puede parecer real, a menos que se encuentre con los demás en una relación determinada"[24].

El tratado de Alberti sería el primero de muchos otros esfuerzos similares de carácter teórico que darían continuidad a una tradición estética y filosófica. El escultor Lorenzo Ghiberti (1378-1455) nos ofrece interesantes reflexiones teóricas sobre la práctica del arte. En sus *Comentarios* escribe: "[...] me he esforzado en investigar de qué manera funciona la naturaleza en sí misma, y cómo puedo aprehender la naturaleza, cómo llegan las imágenes incorpóreas (*spetie*) de los objetos al ojo, cómo opera el poder visual, cómo surgen las sensaciones visuales y por qué medios puede formularse la teoría de las artes de la escultura y la pintura"[25]. La influencia de los *Diez libros de arquitectura* de Vitruvio, una vez más, es evidente.

Sobre las artes liberales que deben acompañar la pintura y la escultura Ghiberti afirma que el artista debe conocer "la gramática, para poder escribir eficazmente sobre los principios del arte; geometría, para lograr armonías racionales en el diseño; filosofía para la naturaleza de las cosas; medicina, para la naturaleza del hombre; astrología, para las armonías geométricas de los planetas; perspectiva, como ciencia visual del espacio; historia, para la composición de historias; anatomía, para la comprensión de la estructura humana, el movimiento y las proporciones; teoría del dibujo, por razones obvias; y aritmética, para los cálculos necesarios en la práctica de su profesión"[26].

El tercer teórico importante sobre "la ciencia del arte" fue Piero della Francesca, quien publicó su propio tratado *De prospectiva pigendi* en 1474. Piero della Francesca fue un destacado matemático, autor de textos como el *Tratato del ábaco* (1450) y el *Libellus de quinque corporibus regularibus* (*Libro de los cinco sólidos regulares*). Su obra ofrece un gran desarrollo en los problemas geométricos de la perspectiva. Retoma, a su vez, las nociones de Euclides sobre los cambios de tamaño aparente de los objetos en relación con la distancia del observador. Della Francesca es entonces otro claro ejemplo de la importancia que tiene en el arte y la ciencia la mirada platónica del mundo. Sobre los sólidos regulares escribirán también Luca Pacioli y, de manera notable, Kepler.

[24] "[...] No objects in painting can appear like real objects, unless they stand to each other in a determined relationship". Alberti, *On Painting*, 56. Traducción propia.

[25] Lorenzo Ghiberti, citado en Martin Kemp, *La ciencia del arte* (Madrid: Ediciones Akal, 2000), 33.

[26] *Ibid.*, 34.

IMAGEN XII.9. La flagelación, *Piero della Francesca, 1448-1449, Galleria Nazionale delle Marche, Urbino*

FUENTE: "Piero, flagellazione 11", *Wikimedia Commons*, última modificación 11 de abril del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/zTLh.

En *La flagelación* de Piero della Francesca es evidente el rigor matemático en la composición de la pintura, el cual permite poner en una misma "historia" dos escenas en lugares distintos. El espacio, el edificio, las baldosas y las proporciones de las figuras humanas forman parte de una única composición. Así, el tratamiento geométrico parece una condición necesaria: el virtuosismo del pintor sin rigor geométrico no tendría sentido. No obstante, en esta como en la mayoría de las grandes obras del Renacimiento hay mucho más que simple perspectiva y rigor geométrico. Hay un trabajo exhaustivo de la luz, el color, la manufactura de los cuerpos y las figuras humanas, las texturas, los pliegues de las telas, sin mencionar el simbolismo de la pintura.

Esta idea de unidad en la composición es evidente en grandes hitos de la arquitectura renacentista. El domo de la basílica de San Pedro de Miguel Ángel es un buen ejemplo. El total de columnas exteriores es de 64, un número con un significado pitagórico, ya que es el primer número que es a su vez un cuadrado ($8 \times 8 = 64$) y un cubo ($4 \times 4 \times 4 = 64$). Además, es un número circular porque termina con el dígito 4, cuyo cubo es 64. Así, tanto en términos matemáticos, como geométricos y simbólicos, el domo de Miguel Ángel es una clara expresión de la unidad del cristianismo, del orden del cosmos y la esfera celeste[27].

[27] Joost-Gaugier, *Italian Renaissance Art*, 171.

IMAGEN XII.10. *Basílica de san Pedro, Donato Bramante, Miguel Ángel y Bernini, 1506-1626, Basílica de San Pedro, Ciudad del Vaticano*

FUENTE: "Roma - Vaticano - 008 - Basilica de San Pedro", *Wikimedia Commons*, última modificación 20 de noviembre del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/4oam.

El tratamiento geométrico del espacio suele relacionarse con el racionalismo y con cometidos de carácter científico propios de la modernidad, pero no podemos olvidar que se trata de una concepción de la realidad que surge de supuestos filosóficos inseparables de problemas ontológicos y teológicos, con una clara influencia de Platón. No es el arte el que obedece a principios matemáticos, es la naturaleza misma. El mundo se puede representar de manera fidedigna según los cánones de la perspectiva y de la proporción porque el creador es un arquitecto racional, porque Dios creó el mundo partiendo de los principios de armonía y unidad que ofrecen la geometría y las matemáticas, las cuales, para una gran vertiente de la filosofía moderna, se entendieron como un lenguaje divino. Así, la estética, la epistemología y la religión confluyen. La belleza supone una relación armónica entre las partes y el todo, un resultado del diseño racional de la creación.

Sin embargo, es muy difícil, y de hecho un error, suponer que toda la pintura y el arte después de Brunelleschi siguió los mismos pasos. Lo fascinante de la historia del arte, como de la historia de la ciencia, es que nunca llega a una última y definitiva verdad, a un punto final. El rigor matemático que supone el seguimiento fiel de los parámetros de Brunelleschi y sus seguidores pudo parecerles a algunos artistas algo rígido y no tan real o verdadero, siendo necesario introducir más "vida" y movimiento a la representación. En Italia, Sandro Botticelli puede ser una destacada muestra de ello; pero

como veremos, en el norte de Europa encontramos otras formas de buscar la perfección en la representación de la realidad. En la obra de Leonardo da Vinci, por ejemplo, confluyen la tradición matemática del platonismo con el cuidado del naturalismo.

Leonardo da Vinci

La obra de Leonardo da Vinci hace evidente el despropósito de separar ciencia, técnica y arte en el Renacimiento[28]. Artista, ingeniero, artesano o filósofo, no hay manera de encasillar su trabajo con nuestras categorías modernas. Su búsqueda de una genuina representación de la naturaleza es inseparable de su sentido estético. En otras palabras, habilidad, gracia y verdad resultan equivalentes en la obra de Leonardo.

Claro heredero de la generación de Brunelleschi, para Leonardo no hay certeza en las ciencias sin las matemáticas, y estas son la base fundamental tanto para la mecánica como para el arte. Uno de sus biógrafos nos cuenta cómo, hasta el final de su vida, Leonardo continuaba dibujando patrones con círculos, cuadrados y arcos, buscando toda combinación posible, como un alquimista mezclando sustancias, tratando de encontrar nuevas y perfectas combinaciones. Su pasión por las combinaciones geométricas al servicio de la arquitectura y de la pintura produjo diseños de gran originalidad[29]. El hecho de que Leonardo les hubiera dedicado tanto tiempo a esos diseños geométricos y su devoción por armonías abstractas es, según Keneth Clarck, una muestra de cómo su talento creativo es inseparable de sus pasiones intelectuales.

Además de su obra como pintor, arquitecto e ingeniero, Leonardo fue autor de un conjunto de notas que más tarde fueron publicadas y conocidas como *Tratado de pintura*, de gran utilidad para entender su obra y su tiempo. Las ideas de Leonardo acerca de la pintura resultan interesantes por diferentes motivos: nos enseñan sobre su concepción de la naturaleza del arte y su estrecha relación con la ciencia, exponen en detalle lo que se puede llamar la ciencia de la pintura y su propio sentido estético e incluso moral sobre el oficio del pintor. Aquí nos ocuparemos más de los aspectos que podríamos llamar epistemológicos de sus reflexiones sobre pintura.

Como punto de partida, analicemos el significado del término *conocimiento*. Leonardo consideraba que el conocimiento es una propiedad particular de la naturaleza humana. El deseo y la necesidad de conocer son virtudes del ser humano, pero para tener éxito es necesario seguir ciertos principios.

[28] Sobre Leonardo y su tiempo véase Richard Turner, *Inventing Leonardo* (Berkeley: University of California Press, 1992).

[29] Kenneth Clarck, *Leonardo da Vinci* (Londres: Penguin Group, 1988), 118.

En el prefacio de su trabajo sobre pintura encontramos un interesante pasaje que resume su idea de ciencia:

> Las ciencias verdaderas son aquellas que como resultado de la experiencia han penetrado por medio de los sentidos y así silencian las opiniones de quienes argumentan; las verdaderas ciencias no se fundamentan en sueños sino que siempre proceden de manera sucesiva de verdades primarias y principios establecidos en un orden apropiado que conducen a las conclusiones. Esto se puede apreciar en los principios de las matemáticas; es decir, número y medida —aritmética y geometría— que se ocupan de cantidades continuas y discontinuas con la más preciada verdad. Aquí nadie adivina o improvisa [...] aquí toda especulación queda destruida en el eterno silencio y así sus practicantes disfrutan las ciencias en paz [...][30].

Leonardo da Vinci (Vinci, Italia, 1452-1519)

Ejerció con notable destreza una multiplicidad de oficios entre los cuales se destacan los de pintor, arquitecto, anatomista, botánico e ingeniero. Fue hijo de Piero di Antonio, un prominente funcionario de Florencia, quien lo ayudó a ingresar a una de las escuelas más importantes de pintura y escultura de ese momento, la de Andrea Verrocchio. Tiempo después, fue enviado por el propio Lorenzo de Medici a trabajar al servicio del duque de Milán, Ludovico Sforza. Allí realizó trabajos de ingeniería y arquitectura, y elaboró una de sus más importantes obras: *La última cena* (1495-1497). Hacia finales del siglo XV, Leonardo estuvo en Venecia, donde también realizó trabajos de arquitectura e ingeniería militar. Años más tarde regresó a Milán y allí inició una de sus pinturas más conocidas: *La Gioconda* (1503-1519). Hacia 1513 viajó a Roma para trabajar al servicio del papa León X, quien era hijo de Lorenzo de Medici. Hacia 1516 partió para Amboise, Francia, donde pasó los últimos años de su vida bajo la protección del rey Francisco I.

[30] "True sciences are those which have penetrated through the senses as a result of experience and thus silencing the tongues of disputants, not feeding investigators on dreams but always proceeding successively from primary truths and established principles, in a proper order towards the conclusion. This may be witnessed in the principles of mathematics, that is to say, number and measure —termed arithmetic and geometry— which deals with discontinuous and continuous quantities with the utmost truth. Here no one hazards guesses [...] here all guesswork remains destroyed in eternal silence, and the sciences are enjoyed by their devotees in peace, which is not possible with the delusory of a wholly cerebral kind". Leonardo da Vinci,

La perfección de las matemáticas es una condición para alcanzar la verdad, y ninguna investigación humana puede proclamar ser una ciencia verdadera si no ha pasado por una demostración matemática[31]. Pero al mismo tiempo, las ciencias no son un producto mental, son fruto de la experiencia, sin la cual nada puede ser conocido con certeza. Esta combinación de la experiencia y el rigor de las matemáticas para una genuina pintura de la naturaleza tienen sentido en la medida en que tanto la experiencia como las matemáticas son parte del orden natural.

En este punto, la aritmética, la geometría y la perspectiva desempeñan un papel definitivo, y si alguna de estas tres falta no es posible una fiel pintura de la realidad[32]. En sus manuscritos esta idea se repite y es obvio que las matemáticas no son para Leonardo un simple instrumento de medición o herramienta de cálculo. Si bien Leonardo no se identificó con el neoplatonismo, comparte supuestos fundamentales de los ideales de orden de la filosofía griega. "la proporción no solo se encuentra en los números y en las medidas, sino también en los sonidos, los pesos, el tiempo, los lugares y en todo lo que existe"[33].

Un siglo antes de Galileo, Leonardo defendió un ideal de ciencia no muy distinto a la clásica noción de ciencia moderna que se suele asociar con la obra de Galileo o de Newton. Una ciencia que, como hemos dicho, se fundamenta en la experiencia y en los sentidos, pero que también requiere del rigor de las matemáticas. A diferencia de los tradicionales "padres" de la ciencia moderna, Leonardo no expone sus ideas sobre el conocimiento en un tratado de cosmología o de física, sino de pintura. La pintura, para Leonardo, no solo forma parte de la ciencia sino que es fundamental, ya que el fin de esta ciencia es imitar la naturaleza. Por lo mismo, la pintura tiene una función privilegiada dentro de las artes y la filosofía: "Quien desprecia la pintura —afirmó Leonardo— no ama la filosofía ni la naturaleza"[34].

Estos ideales de perfección son una clara herencia de Brunelleschi y Alberti; sin embargo, van más allá. La composición es una condición para

citado en Martin Kemp, *Leonardo on Painting* (New Haven: Yale University Press, 1989), 10. Traducción propia.

[31] "No human investigation may claim to be true science if it has not passed through mathematical demonstration [...]". Leonardo da Vinci, citado en Kemp, *Leonardo on Painting*, 14. Traducción propia.

[32] "From these three, arithmetic, geometry and perspective —and if one of them is missing nothing can be accomplished [...]". Leonardo da Vinci, citado en Kemp, *Leonardo on Painting*, 14. Traducción propia.

[33] "Proportion is not only to be found in number and measure, but also in sounds, weights, times and places and in every power that exists". Citado en Clarck, *Leonardo da Vinci*, 37. Traducción propia.

[34] Leonardo da Vinci, *Tratado de pintura*, traducido por David García (Madrid: Alianza Editorial, 2013), 63.

IMAGEN XII.11. Hombre de Vitruvio, *Leonardo da Vinci, 1485-1490, Galería de la Academia de Venecia*

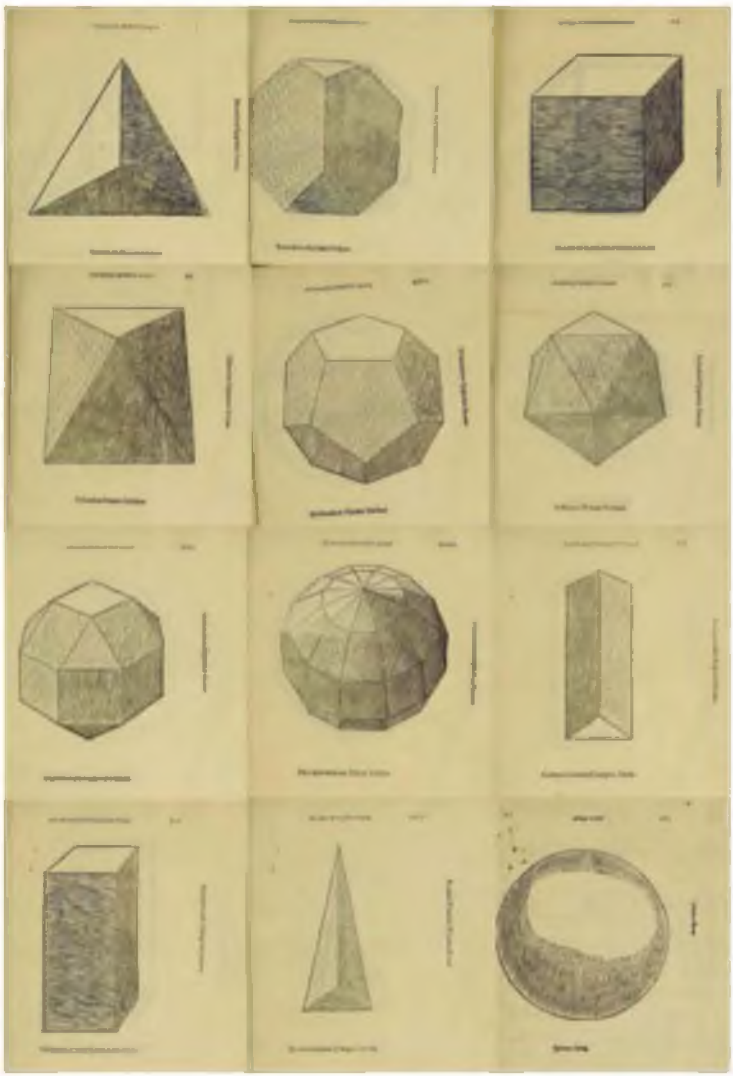
FUENTE: "Da Vinci Vitruve Luc Viatour", *Wikimedia Commons*, última modificación 15 de marzo del 2019, acceso el 22 de marzo del 2019, https://goo.gl/D5cSiQ.

lograr el orden, pero nunca es suficiente, el tratamiento y la elaboración de los detalles no son menos importantes que la estructura general de la obra.

En su pintura encontramos una fiel expresión de sus ideales teóricos. Su conocida representación del *Hombre de Vitruvio*, en el cual un cuerpo humano ideal se representa perfectamente enmarcado dentro de un círculo y un cuadrado, siguiendo los cánones de las proporciones del cuerpo humano, a las que hace referencia el autor romano en sus tratados sobre arquitectura, es una clara expresión de una cosmología en la cual el micro y el macrocosmos obedecen a un único orden matemático. Para Vitruvio, las relaciones entre las proporciones naturales, en particular del cuerpo humano, deben integrarse con el diseño arquitectónico. El microcosmos humano y el macrocosmos deben mostrar su armonía.

Pacioli, un destacado matemático contemporáneo y amigo de Leonardo, publicó un importante trabajo sobre geometría, *De divina proportione*, en el cual trata temas como la perspectiva y los sólidos regulares. Pacioli y Da Vinci se encontraron en la corte de Ludovico Sforza y el mismo Leonardo parece

IMAGEN XII.12. De divina proportione, *Luca Pacioli, ilustrado por Leonardo da Vinci, 1509*



FUENTE: Associate Melody Levin, *Internet Archive*, última modificación 19 de marzo del 2013, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/yx4m4J.

haber contribuido a su publicación y se encargó de las ilustraciones de la edición de 1509.

La idea de proporciones geométricas nos conduce a una concepción filosófica cercana al pitagorismo y al platonismo. Recordemos que, en el *Timeo*, la Tierra se representa con un cubo (hexaedro); el agua, con un icosaedro; el aire, con un octaedro; el fuego, con una pirámide (tetraedro), y el cosmos, con un dodecaedro. Tanto en arte como en cosmología, la teoría de los sólidos regulares fascinó a matemáticos y artistas del Renacimiento. El más conocido de los modelos cosmológicos modernos con este mismo fundamento platónico fue la propuesta de Johannes Kepler en su *Misterio del cosmos*, del año 1596 (véase el capítulo XIV).

La obsesión de Leonardo por la armonía y las proporciones explica la importancia de la unidad en sus obras pictóricas. En el *Tratado de pintura* escribe: "La proporción armónica de las partes que componen el todo satisface los sentidos"[35]. Un ejemplo que le hace honor a sus palabras es *La última cena*, en la que el equilibrio y unidad en un único tema son evidentes[36].

La visión para Leonardo tuvo un lugar privilegiado entre los sentidos y por lo mismo la representación visual y la pintura fueron para él el medio ideal para representar y comprender el mundo natural[37]. Sus reflexiones sobre representación visual se complementan con su propia explicación sobre el fenómeno de la visión. La dignidad, tanto estética como epistemológica, de la pintura debe tener una explicación matemática acerca de cómo los seres humanos perciben el mundo exterior. En sus propias palabras:

> La perspectiva es una demostración racional mediante la cual la experiencia confirma que todas las cosas envían sus semblanzas hacia el ojo por líneas piramidales. Los cuerpos de igual tamaño harán mayores o menores ángulos con sus pirámides de acuerdo con las distancias entre uno y otro. Por líneas piramidales entiendo aquellas que comienzan en los límites de la superficie de los cuerpos y viajando sobre una distancia son dibujadas de manera conjunta hacia un solo punto[38].

[35] "L'armonica proporzionalita delle parti che compongono il tutto, che contenta il senso". Citado en Clarck, *Leonardo da Vinci*, 128. Traducción propia.

[36] Para un análisis con mayor detalle véase Kemp, *La ciencia del arte*, 56-57.

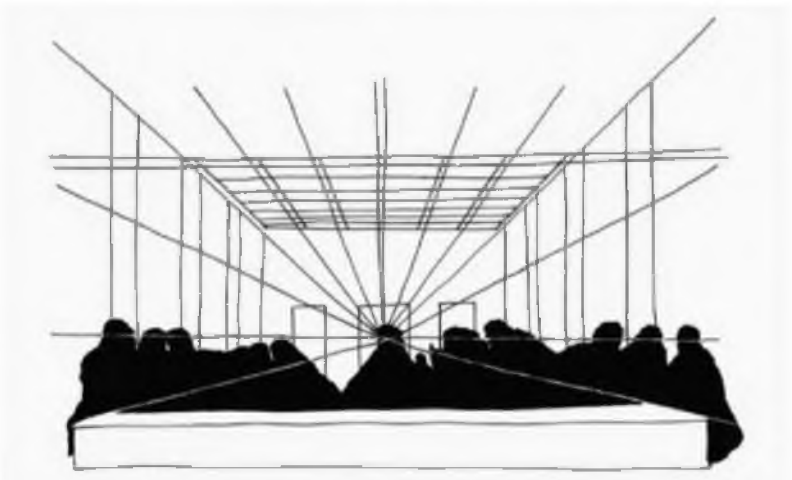
[37] Turner, *Inventing Leonardo*, 155-152.

[38] "Perspective is a rational demonstration by which experience confirms that all things send their semblances to the eye by pyramidal lines. Bodies of equal size will make greater or lesser angles with their pyramids according to the distances between one and the other. By pyramidal lines I mean those which depart from the surface edges of bodies and travelling over a distance are drawn together towards a single point". Citado en Kemp, *Leonardo on Painting*, 52-53. Traducción propia.

IMAGEN XII.13. La última cena, *Leonardo da Vinci, 1495-1498, Convento de Santa María delle Grazie, Milán*

FUENTE: "The Last Supper - Leonardo Da Vinci - High Resolution", *Wikimedia Commons*, última modificación 21 de mayo del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/LUrF.

IMAGEN XII.14. *Composición geométrica de* La última cena



FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN XII.15. La anunciación, *Leonardo da Vinci, 1472, Galeria Uffizi, Florencia*

FUENTE: "Annunciation (Leonardo)", *Wikimedia Commons*, última modificación 16 de febrero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/31ZjGe.

Leonardo se refiere a la armonía visual en la que el pintor forma sus "intervalos" de la misma manera "que el músico sus notas"[39], y relaciona este sistema piramidal con una ley fundamental que gobernaba la disminución de todos los poderes de la naturaleza, la disminución del sonido con la distancia, la disminución del ímpetu de un cuerpo en movimiento. La caída libre (gravedad) parece una pirámide invertida, en la que el objeto gana y no pierde velocidad. Todo desde un supuesto fundamental de un orden natural matemático. Al igual que Alberti y otros teóricos de la perspectiva, Leonardo consideró el tratamiento matemático de la realidad una condición necesaria, pero no suficiente. La verdad en el arte supone también una compleja técnica que no se aprende en los tratados euclidianos de geometría o de óptica. La observación atenta y minuciosa de la naturaleza, y el desarrollo de habilidades técnicas son asimismo importantes.

La generación de artistas centrados en Florencia que compartieron el cometido de hacer del arte una búsqueda de la verdad —Leonardo, Miguel Ángel y Rafael, entre otros grandes maestros del arte renacentista— fueron entrenados en escuelas que se pueden llamar naturalistas: Leonardo da Vinci por Verrocchio, Miguel Ángel por Ghirlandaio, Rafael por Perugino y Tiziano

[39] Citado en Kemp, *La ciencia del arte*, 55.

IMAGEN XII.16. Estudios anatómicos, *Leonardo da Vinci, 1510, Galería Real de Windsor*

FUENTE: "Leonardo da vinci, studi anatomici 1504-06", *Wikimedia Commons*, última modificación 13 de mayo del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/sFlq.

por Giovanni Bellini. Un claro ejemplo de la estrecha relación entre representación visual y conocimiento es la obsesiva dedicación de Leonardo por comprender el cuerpo humano. Mientras los navegantes de su tiempo se aventuraban a explorar lugares nunca antes visitados por los europeos, Leonardo era una especie de explorador incansable del cuerpo humano, y con sus disecciones de cadáveres reveló bajo la piel una máquina maravillosa, un nuevo mundo por explorar[40].

Sus dibujos sobre plantas, animales o fenómenos naturales hacen evidente la diligente y directa observación de la naturaleza, y no es posible diferenciar sus propósitos estéticos de los filosóficos.

Su pintura *La Virgen de las Rocas*, tanto en su versión de 1483 como en la de 1495, nos sorprende por el meticuloso tratamiento de cada detalle en la manufactura de los objetos naturales, hecho que supone estudios cuidadosos de plantas, flores y rocas que se encuentran de manera abundante en sus cuadernos de notas. El manejo de la luz es también muy cuidadoso, y en la pintura se combinan su devoción por entender y utilizar la perspectiva y analizar el movimiento, con la luz, la composición geométrica y las complejas

[40] Turner, *Inventing Leonardo*.

IMAGEN XII.17. Estudio sobre la estrella de Belén, *Leonardo da Vinci, 1505-1507, Galería Real de Windsor*

FUENTE: "Leonardo da Vinci, Star of Bethlehem and other plants", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de enero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/TE5kX1.

IMAGEN XII.18. Códice sobre el vuelo de los pájaros, *Leonardo da Vinci, 1505, Biblioteca Real de Turín*

FUENTE: "Codice Volo 08V mod", *Wikimedia Commons*, última modificación 16 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/24P5.

interacciones entre estos factores[41]. No solo se centra en el tratamiento matemático de la composición que respeta las reglas de la perspectiva, sino también en la sensación de fidelidad que depende de un riguroso tratamiento de la luz, en el que las figuras están vividamente moldeadas bajo el cuidadoso efecto de la luz y la sombra. En el arte medieval es poco común apreciar figuras que proyecten sombras y recreen los efectos de la luz en una escena al natural como se aprecia en esta obra de Leonardo.

Para entender tanto el arte como la ciencia, es necesario, pero no suficiente, estudiar sus dinámicas internas, sus principios estéticos y epistemológicos. Muchas de estas obras de arte fueron producidas en un contexto en el cual tenían un sentido particular. Por un lado, si bien es claro que la Iglesia era la principal fuente de financiación de la producción artística[42], el elemento religioso no se limitaba a un problema de la autoridad eclesiástica que definía y limitaba los objetos del arte; la fe formaba parte esencial de una cultura en la cual también estaban involucrados los mecenas y los artistas. Si nos preguntamos por el problema de la verdad en el arte, esta no se puede separar de un mundo de profunda espiritualidad en el cual la verdad y la fe no eran fáciles de disociar.

Muchas de las obras con motivos religiosos que hemos comentado han sido representadas con el detalle y el cuidado de una pintura fiel de la realidad. El afán de realismo o naturalismo en el arte religioso resulta interesante. Si bien en el Renacimiento las imágenes se conciben como representaciones y no como presencias a la manera de iconos medievales, el naturalismo hace del observador un testigo directo de escenas religiosas. Así, los episodios bíblicos adquieren vida en escenarios humanos muy reales. El realismo en el arte religioso tiene el efecto de permitirnos ver personajes bíblicos o celestiales como si estuvieran entre nosotros. Jesús, María y los ángeles son figuras de carne y hueso que se hacen realidad sobre el lienzo.

Otro de los intereses de Leonardo que no podemos ignorar, útil para entender su obra y su tiempo, son sus diseños de ingeniería, con los que propuso aparatos extraordinarios. Como es bien conocido, Leonardo dedicó buena parte de su tiempo al diseño y dibujo de máquinas y, con la misma diligencia con la que quiso observar la naturaleza, trató también de entender y representar el funcionamiento de múltiples artefactos. Si bien el funcionamiento de estos novedosos artefactos no fue su mayor preocupación, es claro que su ingenio hizo ver como posibles máquinas para volar, bombas hidráulicas, un submarino, varios autómatas, un carro de combate y flotadores para "caminar sobre el agua", entre otros. Algunos de estos diseños parecen fantásticos, fruto de una fértil imaginación, pero no hay que perder de vista que en el

[41] Joost-Gaugier, *Italian Renaissance Art*, 159.
[42] Burke, *The Italian Renaissance*, 95.

IMAGEN XII.19. La Virgen de las Rocas, *Leonardo da Vinci, 1483, Museo del Louvre, París*

FUENTE: "Virgin of the Rocks, Leonardo da Vinci, Louvre INV 777", *Wikimedia Commons*, última modificación 24 de febrero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/3JBP5V.

Renacimiento la innovación tecnológica y la ingeniería fueron terrenos de un notable crecimiento y que recibieron el apoyo de poderosos mecenas.

El desarrollo de las ciudades y la guerra demandaban una permanente inventiva en el terreno tecnológico. El mismo Leonardo promovió sus talentos como ingeniero de manera explícita en una carta al duque de Milán, Ludovico Sforza, en la cual explica sus conocimientos sobre maquinaria de guerra y fortificaciones. En dicha comunicación, Leonardo se presenta como ingeniero y no como pintor: "Para resumir, dependiendo de la necesidad, estoy en capacidad de construir un número infinito de diversas máquinas, tanto para el ataque como para la defensa"[43].

[43] "In short, according to need I can build an infinite number of diverse engines, both for attack and defense". Leonardo al duque de Milán, en 1482, citado en Jardine, *Worldly Goods*, 240. Traducción propia.

IMAGEN XII.20. *Máquina voladora, Leonardo da Vinci, ca. 1487, París*

Si bien en su mayoría no se construyeron, Leonardo diseñó numerosos artefactos que debían solucionar problemas técnicos de diversa índole: armas, carros de guerra, paracaídas, sistemas para trasportar agua o cargas pesadas, instrumentos para pulir espejos, puentes, flotadores para caminar sobre el agua, máquinas voladoras o de inmersión, entre otros.

FUENTE: "Leonardo da vinci, Flying machine", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de noviembre del 2014, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/OTus.

El Renacimiento, una vez más, da señales de un hombre que gana confianza en sus propias capacidades. Como vimos en la sección sobre las utopías del Renacimiento, se trata de un tiempo para soñar lo que antes parecía impensable. Muchos años antes de que Bacon escribiera *La Nueva Atlántida*, en la que imaginó submarinos y máquinas voladoras, Leonardo no solo imaginó la posibilidad de máquinas extraordinarias sino que las diseñó.

NATURALISMO Y REALISMO: EL ARTE COMO ESPEJO DE LA NATURALEZA

> *No hay un naturalismo neutral. El artista, al igual que el escritor, necesita un vocabulario antes de que pueda embarcarse en una "copia" de la realidad*[44].
>
> GOMBRICH, *Art & Illusion*

[44] "There is no neutral naturalism. The artist, no less than the writer, needs a vocabulary before he can embark on a 'copy' of reality". Traducción propia.

Entre los siglos XV y XVII se consolidó lo que algunos han llamado la conquista de la naturaleza por medio de la "racionalidad científica" del arte. Este propósito contagió a muchos artistas, dentro y fuera de Italia, y es un capítulo necesario en cualquier historia de la verdad. Cuerpos humanos, retratos, paisajes, naturalezas muertas, plantas, diminutos insectos: la naturaleza entera se rindió ante las artes humanas. En la tumba de Rafael, sepultado en 1590, se lee: "Ille hic est Rafael, timuit quo sospite vinci, rerum magna parens et moriente mori" (Aquí yace Rafael, mientras vivió, la naturaleza temió que la dominara, y cuando murió temió su propia muerte).

Esta búsqueda de la verdadera pintura del mundo tuvo un desarrollo notable en Europa del norte. El esquematismo geométrico y el rigor de la perspectiva de la pintura italiana parecía insuficiente y en ocasiones artificial frente a las exigencias de rigor en la fiel pintura de la naturaleza. Svetlana Alpers, en su trabajo sobre el arte holandés del siglo XVII, muestra las estrechas relaciones entre los métodos de la ciencia moderna y el arte, y expone que los artistas del norte de Europa tenían el propósito de poner en marcha un programa muy cercano al que encontramos en la filosofía empirista de Francis Bacon.

Leonardo, en su tratado sobre pintura, afirma que esta debe imitar a la naturaleza y, en consecuencia, quien desprecia la pintura no tiene amor por la filosofía ni por la naturaleza. Dicho propósito lo compartirán muchos otros artistas, como Durero, y toda una generación de pintores de los Países Bajos. Sin embargo, resulta obvio que la imitación de la naturaleza no es un proceso simple. Una pintura sobre lienzo o papel no es la realidad, un mapa no es el territorio, un dibujo de un tulipán, por más perfecta que sea su manufactura, no es un tulipán. Lo interesante entonces es cómo estas representaciones se muestran exitosas en su propósito de copiar la realidad. La capacidad de mímesis tiene obvios límites, pero el propósito de realismo, tanto en el arte como en la ciencia, supone un conjunto de prácticas y acuerdos colectivos, consensos sobre ciertas reglas de juego, tanto estéticas como epistemológicas.

En el norte de Europa, en particular en Holanda, se alimentó una cultura visual determinada por la exactitud y el rigor en la observación e imitación de la naturaleza. Lo anterior no solo se hizo evidente en las prodigiosas pinturas de Jan van Eyck, Durero, Vermeer o Rembrandt, sino también en la producción de una cartografía sin precedentes en la historia occidental. El desarrollo de nuevos conocimientos sobre óptica, junto al de novedosos artefactos y lentes, le mostró al mundo un nuevo horizonte en la representación visual que interesó por igual a hombres de ciencia y a artistas. El microscopio, el telescopio y la cámara oscura se convirtieron en dispositivos claves para el arte y para la ciencia. Un nuevo mundo empezó a ser visible en imágenes, pinturas, grabados y mapas, los cuales proclamaron ser fieles copias de la realidad. El conocimiento del mundo natural parecía entonces evidente, requería de imágenes y no solo de textos.

Aquí puede ser útil recordar que *scientia*, en el latín medieval, tenía el sentido de conocimiento de causas universales. En contraste, la observación y la experiencia sensorial eran fuentes de conjeturas, no de verdades. No obstante, a partir del siglo XVI, como parte de una renovada expresión de una filosofía empirista y en particular como consecuencia de la emergencia de la imprenta, las observaciones y su traducción a dispositivos visuales tuvieron cada vez mayor relevancia en la filosofía natural. El papel de la experiencia no emergió de un momento a otro con el empirismo en la Europa moderna. No olvidemos que para Aristóteles la experiencia era el punto de partida del conocimiento. Pensadores cristianos como Guillermo de Ockham llevaron el empirismo a su más radical expresión, y artistas como Leonardo ya habían señalado su importancia para una verdadera representación de la naturaleza.

Lo interesante es entender las prácticas que hicieron del empirismo una apuesta epistemológica tan poderosa en el Renacimiento[45]. Como ya lo hemos sugerido, las artes desempeñaron aquí un rol considerable. El desarrollo de las habilidades técnicas y artesanales que hemos mencionado implicó un conocimiento basado en la experiencia, que formó parte también de las artes visuales, como la pintura. Por otro lado, la irrupción de la imprenta y la multiplicación idéntica de textos e imágenes hizo posible que muchos "observadores" que no tenían acceso a los objetos naturales pudieran tener una experiencia de dicho objeto y, más significativo, se trataba de una experiencia mediada, controlada y, por lo mismo, casi idéntica para personas muy disímiles. La imagen suplantó a la naturaleza, pero esto solo fue posible en la medida en que la naturaleza fue domesticada, disciplinada, codificada y estandarizada.

Jan van Eyck

El desarrollo del retrato desempeña aquí un papel destacado y merece algunos comentarios. En primer lugar, no es una coincidencia que en este período el retrato haya adquirido mayor relevancia. Se trató de una época de una creciente conciencia individual, y a lo largo del siglo XV la demanda de retratos no se limitó a los encargos de soberanos y príncipes, sino que se hizo presente en todas las élites sociales. En su condición de pintor de la corte, Van Eyck debió atender numerosos encargos de retratos, que representaban individuos con todas sus particularidades. El realismo y detalle de estas pinturas llaman la atención.

[45] La idea de *epistemic image* consiste en una imagen que tiene el propósito de representar no solo un objeto de investigación científica, sino de sustituirlo. Véase Lorraine Daston, "Observation", en Dackerman, *Prints and the Pursuit*, 129.

IMAGEN XII.21. El hombre con el turbante rojo, *Jan van Eyck, 1433, National Gallery, Londres*

FUENTE: "Portrait of a Man in a Turban (Jan van Eyck)", *Wikimedia Commons*, última modificación 19 de noviembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/82i6cV.

El hombre con el turbante rojo, posiblemente un autorretrato, es quizá una de sus obras más elogiadas, pues es considerada un hito del retrato. Tanto los pliegues del turbante como el tratamiento del rostro y de la mirada del personaje brindan la sensación de intenso realismo. La pintura produce en el observador la sensación de estar frente a un ser humano de carne y hueso en un instante específico. Refiriéndose a este momento de la pintura, el historiador del arte Ernst Gombrich afirma: "Por primera vez en la historia el artista se convertía en un perfecto testigo ocular, en el verdadero sentido de la palabra"[46].

Los personajes retratados parecen cobrar vida. No son idealizaciones de seres humanos, son copias en apariencia exactas que capturan un momento preciso de su vida. Entre los retratos o escenas de la vida real sobresale *El matrimonio de Arnolfini* (1434). La pintura es una exhibición de virtuosismo y esmero en la representación de cada detalle, no solo los dos personajes centrales, sus rostros y sus atuendos, sino la minucia de la escena, el perro, los zapatos, la lámpara, son todos manufacturados con una precisión difícil de lograr incluso con la tecnología de la moderna fotografía.

La centralidad del espejo al fondo de *El matrimonio de Arnolfini* resulta interesante. El espejo ofrece otro punto de vista en el cual se observa a la

[46] Gombrich, *Historia del arte*, 199.

IMAGEN XII.22. El matrimonio de Arnolfini, *Jan van Eyck, 1434, Galería Nacional de Londres*

FUENTE: "Van Eyck - Arnolfini Portrait", *Wikimedia Commons*, última modificación 4 de febrero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/iSkzEC.

pareja desde atrás y permite ver al pintor cerca de la puerta de la habitación. La presencia del autor es explícita y no es una coincidencia que justo sobre el espejo aparezca su firma.

Esta pintura es también un espejo de la realidad social, pues nos permite apreciar con claridad el lugar que ocupaban en la sociedad los personajes de la escena. Como lo ha señalado en detalle Lisa Jardine, en los retratos se solía celebrar la capacidad adquisitiva de quienes encargaban y compraban obras de arte. Como en este caso, la pintura está llena de señales de distinción y riqueza. En los retratos se incluyen con esmero bienes de lujo, en los trajes se muestran tejidos y telas que pocos podrían tener y, así, se celebra la propiedad y los recursos económicos.

En el retrato del hombre con turbante rojo no es una coincidencia el protagonismo de la tela. Se trata sin duda de un producto exótico y costoso, que de manera inmediata señala a quien lo lleva como un comerciante que puede pagar por telas y tintes suntuosos. El arte del Renacimiento refleja un período de una pujante sociedad que quiere mostrar a toda costa su poder político

y económico, así como su conocimiento. Este fue un fascinante lapso de creatividad y exploración, en el cual reconocemos legados que definieron la cultura moderna en el arte y la ciencia. Pero no podemos perder de vista que todo esto ocurrió en una economía creciente, con una capacidad de consumo y adquisición de bienes sin precedentes. No es posible entender el arte del Renacimiento sin referirse a su público y sus mecenas; el consumismo de príncipes, monarcas y comerciantes europeos de la época es una característica que define a la cultura moderna[47].

Jan van Eyck (Maaseik, Bélgica, 1390-1441)

Pintor flamenco, se destacó por imprimir en sus obras una gran dosis de realismo y numerosos detalles. Trabajó en La Haya al servicio del príncipe Juan I de Baviera y también en Lille, al servicio de Felipe III de Borgoña. Hacia 1432 realizó en óleo una de sus obras más importantes: *Políptico de Gante*, también conocido como *La adoración del cordero místico*. Este es un conjunto de doce tablas en el cual se representa una narración bíblica. En 1433 elaboró, también en óleo, otro de sus cuadros más conocidos: *El hombre con el turbante rojo*. En 1434 pintó otra obra de igual importancia: *El matrimonio de Arnolfini*. Además de estos, elaboró unos ocho cuadros con un estilo muy similar, en los cuales es notorio el manejo de detalles minuciosos, de sombras, proporciones y perspectiva, que ofrecen al espectador una sensación de realismo. Estas características fueron a su vez fundamentales en las obras renacentistas posteriores. Van Eyck llevó a cabo la mayoría de sus obras en Brujas, en la actual Bélgica, ciudad en la que murió.

El arte, e incluso la ciencia, es una celebración de la propiedad, del poder de adquisición y dominio. El refinado arte que hemos descrito formó parte de un poderoso mercado de bienes de lujo. Las obras de arte no solo eran comprendidas como bienes, sino que los representan con detalle. Tanto en los retratos como en las naturalezas muertas, que veremos más adelante, el artista se esmera por representar las posesiones de sus mecenas. Con el Renacimiento tenemos todo tipo de deudas, entre ellas, tal vez, debemos incluir el afán por acumular y exhibir posesiones[48].

La obra de Van Eyck nos permite hacer una importante reflexión sobre la compleja manufactura de una pintura. Una obra de arte supone retos

[47] Véanse Jardine, *Worldly Goods*; Burke, *The Italian Renaissance*.
[48] Véase Jardine, *Worldly Goods*, 3-34.

similares a los que puede presentar un descubrimiento o una invención para la historia de las ideas. Es frecuente que los historiadores del arte se ocupen de los productos finales, acabados y limpios, y no tanto de la complejidad de prácticas que implica la manufactura de una pintura o una escultura. Así, es común elogiar el virtuosismo de grandes artistas como si su maestría fuera una especie de don natural, y se suele olvidar que la formación de un artista implica un arduo entrenamiento.

Para dominar las técnicas de la pintura o la escultura, cuando no se trataba de un oficio familiar, era casi siempre necesario que desde muy jóvenes los futuros artistas se convirtieran en aprendices en la casa de un maestro reconocido, donde muy probablemente vivían y hacían todo tipo de oficios. Además de servicios domésticos de diversa índole, en el taller del maestro ayudaban primero con la preparación de materiales, pinturas, telas o tablas; más adelante, tenían oficios menores en la elaboración de una obra. Con cierto entrenamiento, el aprendiz apoyaba a su maestro en la finalización de pormenores, pintar un fondo o concluir algún detalle no tan central de la obra. Un aprendiz destacado, bajo la supervisión del maestro y habiendo mostrado suficiente habilidad, asumía mayores responsabilidades. Este era sin excepción un proceso lento, de mucha práctica, que requería muchas horas al día y años de entrenamiento al lado de un maestro. Así, las escuelas de artistas del siglo XV implicaban complejas formas de transmisión del conocimiento que iban mucho más allá de un conjunto de planteamientos teóricos o de la imitación de un estilo[49]. La lectura de un tratado sobre pintura, digamos el de Alberti o el de Leonardo, en ningún caso era suficiente para aprender el oficio.

Una de las consecuencias interesantes de estas tradiciones familiares, escuelas y grupos de asistentes y aprendices que trabajaban junto a sus maestros es que la gran mayoría de las obras de arte debe ser entendida como el resultado de la labor no de un único y genial artista, sino de un conjunto de personas y oficios. Así, tanto en ciencia como en arte, resulta saludable deshacerse de la tradicional idea de individuos geniales y solitarios, para pensar en complejas redes y articulaciones que hacen posible la producción de nuevas formas de ver y actuar sobre el mundo.

A manera de ejemplo podemos recordar que son pocas las obras a las cuales se les puede atribuir con certeza la autoría directa de Jan van Eyck, puesto que la mayoría de las pinturas e iluminaciones forma parte de un trabajo colectivo, en el cual participó su hermano junto con los colaboradores de su taller. Prueba de ello es que después de su muerte, en 1441, su taller se mantuvo activo, como es el caso de otros que siguieron operando sin su maestro principal, cumpliendo con encargos que quedaban en manos de los herederos y ayudantes. Una de las obras que parecen haberse ejecutado o

[49] Véase Gombrich, *Historia del arte*, 204.

terminado después de la muerte de Van Eyck es *San Jerónimo en su estudio*, ya mencionada en el capítulo sobre teología (véase la imagen VI.1.).

Van Eyck llegó a contar con doce colaboradores, quienes tenían oficios diversos, como la preparación de pigmentos y materiales; varios de ellos, además, eran hábiles pintores que participaban en la elaboración de vestidos, tejidos de brocado, fondos y otros detalles[50]. Más tarde, los casos de Rembrandt o Rubens serían similares, sus grandes obras fueron el fruto del apoyo de un equipo de colaboradores que muchas veces desaparecía en el anonimato, con lo cual quedaba oculto el carácter colectivo de las producciones. La obra de arte es por antonomasia una creación individual, pero no podemos negar el trabajo colectivo y la suma de saberes que implica la elaboración de grandes obras.

Como veremos, algo similar ocurrió en las dinámicas de producción de conocimiento, los grandes descubrimientos o invenciones, un tratado, una enciclopedia o un mapa fueron casi siempre el fruto de complejas redes de cooperación (véase el capítulo XVI). El taller del artista es en cierta manera un laboratorio. Si bien el laboratorio al servicio de la ciencia se tomaría bastante tiempo en aparecer, sí podemos ver en estos lugares de producción artística una suma de prácticas y oficios que hacen posible la creación de obras extraordinarias.

En la pintura, el tratamiento y manufactura de materiales, y de pigmentos en particular requirió de habilidades complejas. Giorgio Vasari (1511-1574), uno de los primeros historiadores del arte moderno, le atribuye a Jan van Eyck la invención de la pintura al óleo[51]. Llama la atención que la serie de grabados *Nova reperta*, que ya comentamos, incluye la pintura al óleo como uno de los grandes logros del mundo moderno, y que dicho "gran descubrimiento" sea atribuido a Van Eyck. Esta idea del gran inventor de la pintura al óleo se repite en la enciclopedia francesa de Diderot y D'Alambert, pero bien sabemos que dicha idea de un único descubridor para una práctica tan difundida debe ser matizada. El uso de aceites en pintura puede ser muy anterior; sin embargo, el punto indiscutible es que en el siglo XVI tuvo lugar un desarrollo de conocimientos, técnicas y materiales que le permitieron a la pintura superar cualquier intento anterior de copiar la realidad tal y como la vemos al natural.

Vasari dice que Van Eyck, mientras experimentaba formas de secado más rápidas, se dio cuenta de que los aceites de linaza y de nuez permitían un barniz que se secaba en menor tiempo. Experimentó también con otros materiales, encontrando que se podían agregar a este barniz pigmentos de color, y que así presentaban varias ventajas. Además del secado rápido, daban un mayor brillo y se dejaban aplicar mejor sobre la madera o el lienzo. Haya sido él

[50] Véase Till-Holger Borchert, *Van Eyck* (Londres: Taschen, 2008).
[51] Giorgio Vasari, *Las vidas* (Madrid: Cátedra, 2014), 76.

IMAGEN XII.23. *"Pintura al óleo", Jan Galle inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 14 de* Nova reperta, *1600, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York*

Al igual que la imprenta, la brújula o la pólvora, la pintura al óleo se presenta como uno de los grandes logros del mundo moderno.

FUENTE: "New Inventions of Modern Times -Nova Reperta-, The Invention of Oil Painting, plate 14 MET DP841119", *Wikimedia Commons*, última modificación 10 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/4PqV.

el primero en usar pinturas de aceite o no, lo que es evidente es que las habilidades de un pintor y el tipo de conocimientos que se aprendía en un taller era complejo e incluía la manufactura y tratamiento de materiales.

La preparación de las pinturas era en sí misma un arte sofisticado; lograr el color, la textura y la durabilidad de una gran obra era mucho más que virtuosismo, suponía un conjunto de saberes y prácticas que requerían entrenamiento, disciplina y la acumulación de conocimientos de varias generaciones, algunos de carácter teórico, como hemos visto con el auge del tratamiento geométrico del espacio y la perspectiva; otros que implicaban sofisticadas prácticas con instrumentos de observación y lentes, y algunos que tenían relación con en la preparación y el manejo de materiales. Como

un laboratorio de alquimia en una botica, el artista formaba parte de una tradición que requería de la experiencia adquirida con la práctica. Así, la pintura fiel de la realidad, el cuerpo anatómico, la cartografía o la pintura de objetos naturales no eran el resultado del seguimiento de un principio epistemológico, sino el de un conjunto de diversas prácticas.

Alberto Durero

Alberto Durero (1471-1528), al igual que Leonardo, encarna otro dramático ejemplo de las estrechas relaciones entre arte y ciencia. Su obra, sus pinturas, sus grabados, sus escritos y los temas de los que se ocupó nos muestran una vez más que la separación entre la estética y el conocimiento era extraña en el Renacimiento. Durero hizo grabados para la traducción latina de la *Geografía* de Claudio Ptolomeo, se preocupó por temas astronómicos y matemáticos, y por instrumentos de observación. Además de su obra pictórica más conocida en la historia del arte, que comentaremos de manera sucinta, Durero hizo también cartas estelares, como el *Mapa del hemisferio celeste norte*, de 1515, uno de los primeros mapas del cielo impresos, realizado de acuerdo con las ideas del *Almagesto* de Claudio Ptolomeo.

Durero se interesó por el arte italiano y con el explícito propósito de conocer de primera mano sus técnicas, viajó a Italia. Uno de sus principales

Alberto Durero (Núremberg, Alemania, 1471-1528)

Pintor, grabador y una de las figuras más reconocidas del Renacimiento del norte de Europa. Recibió la influencia del estilo italiano renacentista y de pintores flamencos como Jan van Eyck y Rogier van der Weyden, quienes formaban parte de una tradición gótica. Muy joven, realizó varios autorretratos e hizo viajes de estudios a ciudades como Basilea, Estrasburgo y Venecia. Entre 1495 y 1505 se instaló de nuevo en Núremberg, donde trabajó de lleno en la elaboración de grabados. Hacia 1506 regresó a Venecia y pintó allí en óleo sobre madera *La fiesta del rosario*. Después de esto, volvió a Núremberg, donde elaboró obras como *Adán y Eva* (1507), *Adoración de la Trinidad* (1511), un grabado titulado *El caballero, la muerte y el diablo* (1513), entre otros. Dentro de sus últimas obras se destacan las dos tablas en óleo sobre madera llamadas *Los cuatro apóstoles* (1526), realizadas en Núremberg. Además de sus obras artísticas, Durero produjo trabajos teóricos como *Instrucción sobre medición* (1525) y *Cuatro libros de la proporción humana* (1528).

IMAGEN XII.24. Melancolía I, *Alberto Durero, 1514, Museo de Arte Städel, Fráncfort*

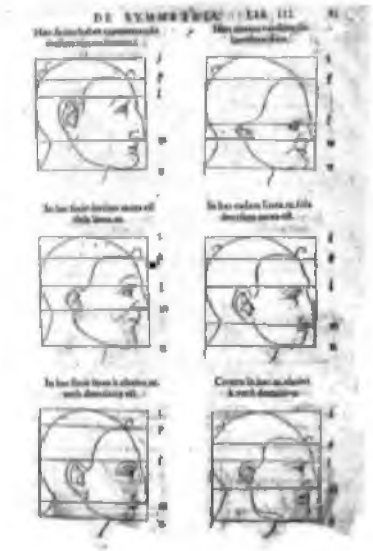
En este grabado el autor parece mostrar sus propias ideas sobre arte y ciencia. La geometría, los sólidos regulares, los instrumentos de medición y el temperamento reflexivo se relacionan en esta alegoría.

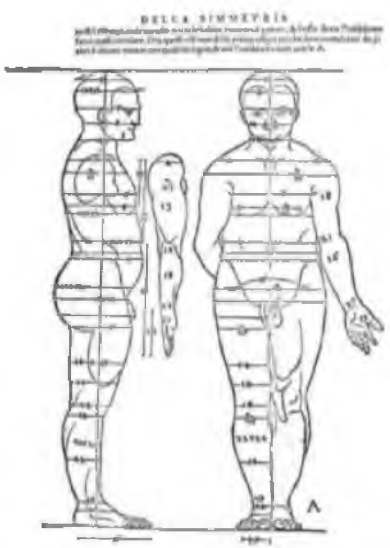
FUENTE: "Dürer Melancholia I", *Wikimedia Commons*, última modificación 21 de septiembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/fDBru1.

intereses fue conocer en detalle la técnica de la perspectiva. Dejando de lado la pregunta sobre quiénes fueron sus maestros o modelos italianos, la influencia de los artistas que desarrollaron la perspectiva es obvia. Durero mismo publicó en 1525, en Núremberg, un amplio tratado titulado *Underweysung der Messung* (*Instrucciones sobre medición*), en el cual se ocupó del tratamiento matemático de figuras geométricas al igual que del cuerpo humano.

Además, publicó *Vier Bücher von Menschlicher Proportion* (*Cuatro libros sobre las proporciones humanas*), que debían servir para la formación de pintores. Las *Instrucciones sobre medición* ofrecen conocimientos básicos de geometría, considerados esenciales para la pintura, y el tratado sobre proporciones presenta numerosas medidas hechas sobre hombres, mujeres y niños, que ilustran diversos tipos de cuerpos. Si bien es un manual de pintura, su contenido se puede leer también como un tratado sobre el cuerpo humano. En el prefacio de sus instrucciones, Durero explica que la medida es el funda-

IMÁGENES XII.25. y XII.26. *La proporción humana, Alberto Durero,* Cuatro libros de la proporción humana, *1528, publicado por Hieronymus Andreae Formschneider*





FUENTE: Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License.

mento de la pintura, pero que también es útil para herreros, escultores y carpinteros. Uno de los notables resultados de la obsesión de Durero por una perfecta representación del cuerpo humano se aprecia en su obra *Adán y Eva*.

Las técnicas de perspectiva las llevó al grabado, como se refleja en *San Jerónimo en su estudio*, de 1514, aunque es obvio que el arte de Durero es mucho más que perspectiva y, de nuevo, el problema de la verdad en el arte no se reduce a una cuestión de composición geométrica. Algunas de sus pinturas lograron un realismo único, con el cual la naturaleza parece cobrar vida. En los retratos, y de manera destacada en sus autorretratos, la figura humana fue objeto de un estudio cuidadoso, al igual que la naturaleza, las plantas y los animales. Sus acuarelas *Gran hierba*, *Iris*, *La liebre* y *Ala de una carraca* son algunos ejemplos destacados.

No solo las acuarelas tienen esa técnica de precisión microscópica, los grabados, de igual manera precisos, son muestra de su habilidad en el tratamiento de los detalles. Su muy conocido *Rinoceronte* puede ayudarnos a

IMAGEN XII.27. Adán y Eva, *Alberto Durero, 1507, Museo del Prado, Madrid*

FUENTE: "Albrecht Dürer, Adam and Eve (Prado) 2", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de diciembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/zCCXNN.

IMAGEN XII.28. Artista y mujer desnuda, *Alberto Durero, 1525, reprografía*

FUENTE: "Albrecht Dürer - Draughtsman Drawing a Recumbent Woman - WGA7261", *Wikimedia Commons*, última modificación 15 de enero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/pQNy.

IMAGEN XII.29. San Jerónimo en su estudio, *Alberto Durero, 1514, National Museum in Gdańsk*

FUENTE: "Agad Albrecht Dürer. Saint Jerome in his Study", *Wikimedia Commons*, última modificación 16 de diciembre del 2014, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/jCxhh3.

IMAGEN XII.30. Ala de una carraca, *Alberto Durero, 1512, Museo Albertina, Viena*

FUENTE: "Duerer wing of a blue roller", *Wikimedia Commons*, última modificación 16 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/KBGDWZ.

IMAGEN XII.31. Gran hierba, *Alberto Durero, 1503, Museo Albertina, Viena*

FUENTE: "Albrecht Dürer, The Large Piece of Turf, 1503, Google Art Project", *Wikimedia Commons*, última modificación 10 de octubre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/XvKQUh.

entender el poder de la representación visual en la era de la imprenta moderna (véase la imagen XII.32.).

A pesar de que Durero nunca vio un rinoceronte, su grabado de 1515 se convirtió en la imagen que muchos europeos tuvieron del animal por siglos. Sus fuentes fueron textos e imágenes que llegaron de Lisboa, adonde llevaron a un rinoceronte proveniente de la India como regalo al rey de Portugal. La criatura viajó medio mundo, siendo un suntuoso presente que pasó de mano en mano: del sultán Muzaffar II al gobernador portugués en India, que lo remitió al rey de Portugal, quien a su vez se lo ofreció al papa León X en Roma. En el camino fue visto por el rey de Francia en una isla cerca de Marsella, con la mala fortuna de que en esta última travesía la nave naufragó en la costa italiana. Nunca llegó a manos del papa, pero su triste destino lo convirtió en una celebridad.

El rinoceronte ya era una criatura conspicua en la literatura europea medieval. Plinio se había referido a este animal y se le atribuían algunas propiedades medicinales a su cuerno. Su fama en el Renacimiento no se debía solo a sus virtudes curativas, su tamaño, su fuerza o sus periplos reales, sino en buena medida a su versión impresa, elaborada por Alberto Durero. Un

IMAGEN XII.32. Rinoceronte, *Alberto Durero, 1515, Museo Británico, Londres*

FUENTE: "Dürer rhino full", *Wikimedia Commons*, última modificación 12 de enero del 2012, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/4GFc13.

animal apenas conocido para los europeos se hizo así famoso y familiar para los naturalistas. En 1544 apareció en la *Cosmografía* de Sebastian Münster y en la *Historiae animalium* de Conrad Gessner de 1551: dos obras de amplia difusión en Europa. Copias similares se encuentran impresas a lo largo del siglo XVI y hacen de esta más que una pintura del rinoceronte real, el rinoceronte de los europeos.

Durero, con razón, quedó inmortalizado por su talento para copiar con una fidelidad asombrosa la naturaleza, y sus grabados dan la sensación de una experiencia directa. A pesar de que es evidente, sobre todo hoy, que su idea del rinoceronte tiene una alta dosis de interpretación e imaginación, es, como sus otras pinturas de la naturaleza, un grabado de manufactura detallada y de cierta manera realista. El rinoceronte hace evidente el virtuosismo y las habilidades técnicas del artista, y cada una de sus partes está hecha con tal esmero y detalle que dan al grabado la apariencia de ser una copia directa de la naturaleza.

Este puede entonces ser un ejemplo claro sobre cómo el impacto de las nuevas técnicas de representación e impresión no residió únicamente en la fidelidad o realismo que estas mismas permitían, sino en su capacidad de multiplicar y difundir imágenes idénticas de los objetos de la naturaleza. Ello ocurrió, por supuesto, en el contexto de una demanda por estos productos.

El mismo Durero se interesó en las nuevas tecnologías del grabado porque era consciente de que podía ser rentable multiplicar sus trabajos y ampliar su público y su clientela.

La naturaleza en el arte

Naturaleza muerta

El género de la pintura conocido como *naturaleza muerta* incluye una amplia gama de objetos inanimados e inmóviles, como frutos, artefactos cotidianos, instrumentos musicales, arreglos florales, restos de comida, libros o animales sin vida. A diferencia del retrato o de la pintura religiosa, a este tipo de obras se le asignó el rango más bajo en la jerarquía de las obras de arte. No obstante, para los pintores, la dificultad de la representación no depende de la dignidad de sus objetos, y la dificultad para pintar un arreglo de frutas puede ser similar a la de pintar a un príncipe o a un santo. No hay razón para pensar que un retrato de la Virgen María tenga mayores exigencias que las de un animal sin vida o un artilugio. Si bien suelen ser motivos paganos, la naturaleza muerta es también la expresión de una época, en la cual el dominio humano sobre la naturaleza y el afán por acumular posesiones materiales se aprecia con claridad.

Nos interesa en esta historia de la verdad un comentario sobre este género particular; ya que exigía, sin importar el objeto, una reproducción realista y suponía un alto refinamiento técnico. La idea de un arte capaz de imitar la realidad con tal fidelidad que lograra engañar al observador, estilo conocido como *trompe l'oeil*, es muy antiguo y parte de la herencia clásica. Un ejemplo citado con frecuencia sobre las habilidades del pintor para producir la ilusión de la realidad es el caso referido por Plinio del artista griego Zeuxis, quien —nos dice Plinio— pintó un racimo de uvas tan fidedigno que los pájaros engañados intentaron picotear la pintura creyendo que eran uvas reales. Esta misma intención es visible en artistas de la baja Edad Media, como Giotto, quien logró en algunas de sus pinturas un realismo sorprendente. Un caso temprano de una pintura ilusionista lo vemos en su mural el *Coretto* (Nicho del coro), de 1305.

Perdiz, guantes de hierro y flecha de ballesta, de Jacopo de'Barbari (1504)[52], es otro destacado ejemplo en el que la pintura imita una pared en la que cuelgan estos objetos, y que podría engañar y divertir a los observadores. Hoy, con la fotografía moderna y todas las técnicas de representación visual no nos dejamos impresionar tan fácilmente con una ilusión como esta; sin embargo, para un observador del siglo XVI se trataba de un logro mucho más

[52] Norbert Schneider, *Naturaleza muerta* (Madrid: Taschen, 2003).

IMAGEN XII.33. Coretto, *Giotto di Bondone, 1305, Cappella degli Scrovegni en Padua*

FUENTE: "Giotto di Bondone, View of a chapel", *Wikimedia Commons*, última modificación 13 de octubre del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/1eD4tG.

IMAGEN XII.34. Perdiz, guantes de hierro y flecha de ballesta, *Jacopo de'Barbari, 1504, Alte Pinakothek, Múnich*

FUENTE: "Jacopo de' Barbari 001", *Wikimedia Commons*, última modificación 6 de septiembre del 2009, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/k5fX1f.

espectacular. El realismo de los cuadros de De'Barbari es comparable al de pintores como Durero, pero en la naturaleza muerta el efecto ilusionista parece aún más explícito.

A pesar de que el ideal de imitación es tan antiguo como la pintura misma, no hay duda de que algunos pintores holandeses del siglo XVII, como Adrian van der Spelt, llevaron el arte de la ilusión al extremo. Su *Naturaleza muerta con flores y cortina* ya no solo imita las flores, sino que el cuadro incluye una cortina que parece cubrir parte de la pintura.

Los objetos de la naturaleza muerta no son extraños ni nuevos en la pintura. De hecho, artículos como libros, artefactos, flores o comida formaban parte de pinturas cuyo tema central era una escena humana o un retrato; pero llama la atención el estudio obsesivo y el grado de meticulosidad de los objetos y sus cualidades materiales, siendo esta precisión el fin último de la obra. Estas pinturas buscaron mostrar un instante único; más que el ideal de una flor, se trata de una flor en un momento particular e irrepetible. Este empirismo radical tomó distancia del platonismo y se acercó más al nominalismo de la filosofía medieval, que afirmaba que el mundo real se componía exclusivamente de cosas individuales. Así, la singularidad, la temporalidad y la casualidad toman vida (véase en el capítulo VI, el apartado sobre Guillermo de Ockham).

Este ilusionismo se hizo presente, también, en la obra de Cornelis Norbertus Gijsbrechts *Reverso de un cuadro*, de 1670, que pretende engañar al espectador con una fiel imagen del reverso de una pintura que no podemos ver. La pintura de una pintura es un acto reflexivo, no muy distinto a la pregunta sobre la verdad. Un cuadro de un cuadro es una invitación a pensar sobre el arte de la pintura, pues no tiene como fin la representación del mundo exterior; es más bien una reflexión sobre la representación. La pintura del reverso de un cuadro es aún más provocativa, ya que hace evidente que la pintura es un artefacto, una construcción humana. No sabemos ni importa qué hay sobre el lienzo, pero lo que sí es visible es lo que las pinturas ocultan: el bastidor, la tela, los clavos que las sostienen. Es entonces el descubrimiento de una imitación que hace evidente su artificialidad; es decir, la realidad del oficio de la representación visual.

Cuando la semejanza con la realidad es la obsesión del arte y de la ciencia, este cuadro del reverso de un cuadro es una revelación explícita del carácter artificial del arte, de la imposibilidad de sustituir la realidad. Un maravilloso ejemplo de *trompe l'oeil*, en el que el realismo da un paso más allá y hace obvio el engaño, la imposibilidad de mostrar la realidad tal y como es. Esta pintura parece confesar que toda representación del mundo, por más fiel y precisa que sea, no es más que eso, un artefacto, una representación. El objeto de esta pintura es modesto, mundano, no es más que un bastidor, maderos y tela; sin embargo, sobresale un pequeño trozo de papel con un número, señal de que el cuadro es una pieza de colección, un bien comercial, una mercancía y, en últimas, una posesión.

IMAGEN XII.35. Naturaleza muerta con flores y cortina, *Adrian van der Spelt, 1658, Art Institute of Chicago*

FUENTE: "Adriaen van der Spelt, Flower Still-Life with Curtain", *Wikimedia Commons*, última modificación 25 de junio del 2007, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/ba3Nrp.

En el siglo XVI, Amberes fue uno de los puertos más activos de Europa y un centro comercial y financiero, donde diariamente llegaban barcos con mercancías de ultramar. *La Torre de Babel* (1563), de Brueghel el Viejo, por ejemplo, es una clara imagen de las nuevas grandes ciudades portuarias. El flujo de objetos extraños y la creciente cantidad y variedad de mercancías formaban parte de la ciencia y de la historia natural, y eran recreados por el arte. Los objetos y su simbología eran muy variados, así, fueron comunes las pinturas de artefactos como instrumentos científicos, globos terráqueos, armas, libros, todas posesiones humanas y, de cierta manera, símbolos del poder adquisitivo de una nueva clase social y de diversas formas de dominio humano sobre la naturaleza, como es el caso de la cacería. Vale la pena recordar que la caza fue un privilegio de la nobleza, quienes proclamaron propiedad sobre los animales de sus dominios. Fueron frecuentes las pinturas de objetos perecederos como animales muertos, flores, frutas, postres, gustos gastronómicos; incluso la lujuria muchas veces en grandes banquetes, mesas servidas con todo tipo de alimentos, que invoca la intensificación de la economía agraria y el comercio de la Europa moderna.

Si bien la pintura de objetos y posesiones humanas puede ser una celebración de la opulencia y el poder adquisitivo, la naturaleza muerta no deja de manifestar con ironía y crítica esta obsesión de dominio y posesión de lo material. La naturaleza muerta se ocupa de lo mundano, de lo pasajero, y

IMAGEN XII.36. Reverso de un cuadro, *Cornelis Norbertus Gijsbrechts, 1670, Staten Museum for Kunst, Copenhague*

FUENTE: "Cornelis Norbertus Gysbrechts 003", *Wikimedia Commons*, última modificación 31 de julio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/xacdB5.

IMAGEN XII.37. Vendedora de fruta, *Vincenzo Campi, 1580, Pinacoteca di Brera, Milán*

FUENTE: "Vincenzo Campi, The Fruit Seller", *Wikimedia Commons*, última modificación 9 de noviembre del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/RT5ejU.

IMAGEN XII.38. Alegoría de la vanidad de la vida,
Antonio de Pereda, 1640, Kunsthistorisches Museum, Viena

FUENTE: "Antonio de Pereda, Allegory of Vanity, Google Art Project", *Wikimedia Commons*, última modificación 9 de febrero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/1.mE3RF.

desde un punto de vista religioso, de lo trivial. En la *Alegoría de la vanidad de la vida* (1640), de Antonio de Pereda, un ángel sostiene una imagen de Carlos V sobre un globo terráqueo, símbolos del poder imperial. Sobre la mesa hay un conjunto de calaveras, un reloj de arena, al lado del cual se lee "Nil omne" (Todo es nada), que simboliza lo perecedero de lo material, incluso del poder, para cuando se hizo esta pintura.

La exploración detallada de la naturaleza hizo que la experiencia y el gusto fueran objeto de la representación artística. Así, los cinco sentidos fueron objeto de pintores como Jan Brueghel el Viejo o Jan Saenredam. El arte de la temprana modernidad, como vemos, supuso una reflexión sobre la experiencia y las capacidades humanas para comprender el mundo exterior.

Arte e historia natural

Resulta inevitable la comparación entre la naturaleza muerta y la historia natural. Arreglos florales, frutas, carnicerías y animales desollados, cocinas y mercados, en un ambiente cotidiano guardan similitudes con los gabinetes de historia natural. Los arreglos florales, como objetos decorativos, por ejemplo, pueden ocuparse de los mismos objetos y coincidir en su búsqueda de imitar la realidad con fidelidad, pero al mismo tiempo apreciamos diferencias importantes.

Recordemos la ya comentada y famosa *Gran hierba* de Alberto Durero, en la cual los detalles son reproducidos con precisión microscópica, pero, al mismo tiempo, no pretende mostrar un estereotipo de una planta sino un momento casual y específico, retrata así un instante de la realidad. Las ilustraciones botánicas para catálogos tomaron un rumbo distinto. Si bien compartían el propósito de pintar el mundo tal y como es, las ilustraciones de los herbolarios debían representar géneros y especies, tipos de plantas y no una planta en un momento específico. En este sentido, el arte realista de la naturaleza muerta estaba más cerca del empirismo radical que de la misma botánica que se ocupaba más de tipos, géneros y categorías universales que de objetos particulares. Por esta razón, los dibujos "científicos" de plantas requerían una selección de aquellos elementos distintivos y no tanto del minucioso detalle de cada espécimen particular.

IMAGEN XII.39. Ramo de flores, *Jan Brueghel el Viejo, 1599-1607, Kunsthistorisches Museum, Viena*

FUENTE: "Jan Bruegel (I), Bouquet of Flowers in a Ceramic Vase", *Wikimedia Commons*, última modificación 27 de enero del 2019, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/WVYdvy.

IMAGEN XII.40. Florero con lirios blancos, *Luger tom Ring, el Joven, 1562, Museo Estatal de Westfalia, Münster*

En esta obra el artista dibuja una pareja de floreros, en los cuales se lee "Verbis in herbis et in la[pidibus deus]" (En las palabras, en las plantas y en las piedras está Dios).

FUENTE: "Ludger tom Ring d. J. 002", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de enero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/LP9sbW.

Con el género de la naturaleza muerta los objetos naturales comenzaron a apreciarse como elementos de estudio individuales. La naturaleza muerta, como el retrato, fueron géneros de la pintura con similares propósitos de fidelidad, que podríamos llamar "fotográfica". En ambos casos se pretendía llevar al lienzo y congelar un momento, detener el tiempo para poder apreciar y guardar una experiencia específica tal y como se vería en la realidad. Pero el interés por la representación visual de la naturaleza adquirió otras expresiones con fines más allá de lo decorativo o de la representación de un objeto particular. Este fue el caso de las enciclopedias y de los catálogos del mundo natural.

Como ya lo hemos señalado, la exploración de nuevos continentes y un comercio más activo de productos naturales despertó en el siglo XVI un creciente interés por el mundo natural. Los príncipes y patronos ricos comenzaron a mostrar su capacidad de adquisición con colecciones de objetos exóticos que incluían especies animales, fósiles, conchas, minerales y piezas etnográficas, y que fueron el origen de los gabinetes de curiosidades privados.

En dicho contexto la documentación fiel de la naturaleza familiar y exótica se convirtió en una manifestación de estatus económico y de conocimiento, y en un desafío de la ciencia y del arte.

Empezaron a coleccionarse y comercializarse toda clase de objetos naturales, animales disecados o vivos, conchas, insectos, plumas, piezas etnográficas, flores exóticas como el tulipán. Todos estos objetos atrajeron el interés de comerciantes, príncipes y artistas por igual. La novedad de estos ejemplares llamó la atención y sirvió como modelo para los pintores que, con el auspicio de sus mecenas, quisieron dejar registro de esta nueva realidad. Podemos decir que entonces el mundo natural formó parte de la propiedad y de la cultura; no solo fueron muestra del poder adquisitivo de sus dueños, sino que el conocimiento para comentar y explicar el origen de estos objetos fue símbolo de erudición y distinción. Estas colecciones fueron otra expresión de la capacidad de dominio de la naturaleza y una forma de transformar lo salvaje y desconocido en algo doméstico y familiar.

Como lo vimos en el capítulo anterior, el Nuevo Mundo llegó a Europa en textos e imágenes impresas sobre papel. Gonzalo Fernández de Oviedo lo expresó con claridad en el caso de la piña: la mejor manera para que este fruto fuera conocido en Europa, era haciendo uso de la pintura. Así, la pintura y la idea de la experiencia directa guardaron una estrecha relación. La pintura fue una forma de ver, que hizo posible la emergencia de una nueva realidad en superficies planas, dibujos, grabados, mapas y cuadros. Estos artefactos tenían obvias ventajas sobre los objetos naturales, eran fáciles de transportar, de recopilar y comparar en un mismo lugar.

Los tratados de botánica, por ejemplo, cumplieron una función clave en la experiencia del mundo natural en la Europa moderna. Por un lado, retomaban y difundían las fuentes clásicas (Teofrasto, Dioscórides, Plinio), y por otro, comenzaron a incluir un nuevo universo de plantas del Nuevo Mundo que no aparecían en los tratados antiguos ni en los medievales. El naturalista alemán Otto Brunfels (1488-1543) fue pionero en la publicación de catálogos de historia natural, específicamente de plantas, con una colección de cuidadosas representaciones visuales. El *Herbario* de Brunfels, publicado en Estrasburgo en 1530, muestra los nuevos rumbos de la historia natural en la era de la imprenta. Los tratados sobre plantas medievales tendían a ser repositorios de conocimientos medicinales, más que herramientas de identificación, sus imágenes no prestaban tanta atención a los detalles morfológicos y por lo general eran copias de otros dibujos. Con Brunfels, la atención se torna sobre la imagen como pintura fiel de un espécimen real y la sensación de experiencia directa es notable.

Una evidente diferencia con los tratados medievales de botánica, como los de Plinio o Dioscórides, está en el papel que desempeñaron las imágenes. Como el título de la obra de Brufels lo indica *Herbarum vivae eicones ad naturae imitationem* (*Iconos de plantas vivas e imitaciones de la naturaleza*),

la esencia de su obra está en presentar fieles imitaciones de plantas al natural.

Otro botánico destacado fue Leonhart Fuchs (1501-1566) quién publicó *De historia stirpium commentarii insignes* (*Historia de yerbas y plantas*) en el que se ilustran 550 plantas. Una publicación de esta naturaleza fue una fuente de conocimiento muy poderosa. Muchos estudiantes, sin necesidad de recorrer grandes distancias y terrenos lejanos, pudieron entonces tener en sus manos una multiplicidad de especies imposibles de ver en el mundo natural.

Con una idea muy similar a la de Fernández de Oviedo en su anotación sobre la piña americana, Fuchs es claro sobre la función de la imagen: "Una pintura puede expresar las cosas de manera más confiable y las puede fijar de manera más profunda en la mente que las simples palabras de un texto"[53].

IMAGEN XII.41. Museum wormianum sue historia rerum rariorum, *Olaus Worm, 1655*

El grabado representa un gabinete de curiosidades. De las paredes y del techo cuelgan animales exóticos disecados: osos, peces, caparazones de tortugas gigantes, armadillos, cocodrilos, cuernos, aves, piedras y minerales; colecciones de artefactos de otras culturas, trofeos, suvenires obtenidos en viajes o comprados a viajeros que llegaban de lugares remotos.

FUENTE: "Musei Wormiani Historia", *Wikimedia Commons*, última modificación 24 de enero del 2010, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/VFt49z.

[53] "A picture expresses things more surely and fixes them more deeply in the mind than the bare words of the text". Fuchs, citado en Dackerman, *Prints and the Pursuit*, 142. Traducción propia.

IMAGEN XII.42. *"Papaver er"*, *Leonhart Fuchs*,
De historia stirpium commentarii insignes, *1542*

FUENTE: "L. Fuchs; De historia stirpivm commentarii", *Wikimedia Commons*, última modificación 27 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/fwwS.

IMAGEN XII.43. *"Pictores Operis"*, *Leonhart Fuchs*,
De historia stirpium commentarii insignes, *1542*

FUENTE: "Portrait of two of the engravers of Fuchs' de Historia", *Wikimedia Commons*, última modificación 11 de julio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/qxTp.

En la portada del libro de Leonard Fuchs se presenta una división del trabajo típica de su tiempo: el pintor o dibujante, y luego un carpintero o escultor que lo talla sobre la madera, cuyo trabajo tiene el mayor reconocimiento. Es interesante que el libro incluya una representación tan destacada de estos oficios y que sus autores tengan el reconocimiento correspondiente por su exigente, meticulosa y confiable tarea de poner el mundo natural en el papel. Hacer visibles los distintos oficios y pasos en la manufactura de las representaciones visuales fue una forma de hacer explícitos los méritos y el trabajo detrás de la obra. Algo similar a lo que hizo Diego Ribero con su mapa del mundo, decorado con instrumentos astronómicos y generoso en explicaciones sobre su uso. La imagen que tenemos en frente, un mapa o un dibujo de una planta, es el resultado de un cuidadoso proceso que el autor quiere hacer evidente. No hay secretos, ni misterios, más bien una ardua labor, difícil de superar.

En su *Historia de yerbas y plantas*, Leonhart Fuchs presenta a los ilustradores trabajando al servicio de los naturalistas y es enfático en limitar su tarea a la copia fiel, sin su intervención inventiva.

> Hemos tenido el deliberado propósito de evadir el adorno de las formas naturales de las plantas por medio del sombreado y otras cosas menos necesarias mediante las cuales los dibujantes pretenden con frecuencia ganar gloria artística, y no le hemos permitido al artista complacer sus caprichos que conducen a que las pinturas de las plantas no sean un fiel reflejo de la verdad[54].

A pesar de las reiteradas afirmaciones del autor de estar produciendo copias directas de la realidad (*ad vivum*) que pretenden ser imágenes "vivas" (*vivae eicones*), vemos un proceso complejo de manufactura, en el cual la relación directa con la naturaleza está claramente mediada. Conrad Gessner, por ejemplo, narra cómo sus artistas trabajaban en el campo en verano, pero como usaban plantas y flores secas, eran tratadas con agua para vivificar los colores en invierno. En una sola imagen es posible no solo seleccionar información relevante, sino que se presentan características que no aparecen en un mismo ejemplar de manera simultánea. Diferentes estados del desarrollo de una planta, sus frutos y flores pueden aparecer en una misma pintura. Es decir, el "realismo" en estos casos requirió de una obvia intervención del naturalista y del pintor. Las imágenes estaban dispuestas de manera tal que el naturalista pudiera identificar aquellos elementos claves para su reconocimiento, haciendo más fácil ver una planta y saber su nombre observando un

[54] "We have purposefully and deliberately avoided the obliteration of the natural forms of the plants by shading, and other less necessary things, by which the delineators sometimes try to win artistic glory; and we have not allowed the craftsmen so to indulge their whims as to cause the drawings not to correspond accurately to the truth". Citado en Dackerman, *Prints and the Pursuit*, 25. Traducción propia.

dibujo en su estudio que en un día de campo. A diferencia de la naturaleza muerta o del retrato, la pintura "científica" no buscaba repetir una experiencia única de un objeto, sino más bien lograr una versión idealizada genérica.

Más que un artista que pinta lo que ve en la naturaleza de manera directa en el campo, vemos que el paso de una planta o del cuerpo humano a la imprenta supone un proceso activo de construcción. Muchas veces, más que una copia de la realidad, encontramos idealizaciones que de hecho son mucho más útiles para la ciencia. En una imagen es posible ver, entonces, más que en la naturaleza misma. De manera que las ideas de naturalismo, de realismo y de copia directa son justamente lo que debemos explicar. A la pregunta de por qué una pintura es, o nos parece, más realista que otra debe responderse con atención a los códigos y convenciones que están detrás de la idea de realismo.

Es importante recordar que con el auge de la imprenta muchos grabados e imágenes del mundo natural fueron copiados de manera reiterada. Los artistas muchas veces copiaban a otros artistas y basaban sus propias obras en imágenes, más que en la observación directa. El pintor no cumplía una función pasiva y mecánica, como la que podríamos imaginar de una cámara fotográfica moderna, y por lo mismo la producción de conocimiento es inseparable de la producción de representaciones visuales. Un caso emblemático de esta situación puede ser el ya mencionado *Rinoceronte* de Durero. El artista nunca vio un rinoceronte y basó su representación en el dibujo que hicieron otros. Con el tiempo la imagen fue copiada en varios tratados de historia natural hasta tal punto que el objeto de conocimiento era la pintura, más que el animal mismo.

Las imágenes impresas, a diferencia de una planta viva, se pueden llevar de un lugar a otro y se pueden acumular con facilidad en un mismo lugar o en una misma publicación. No obstante las diferencias entre una obra de arte y una científica, la botánica será un campo del conocimiento inseparable de la pintura. Desde la temprana modernidad hasta al siglo XIX veremos una creciente tradición científica de representación visual de la naturaleza que en ocasiones se funde con la historia del arte[55]. Por ejemplo, la obra de María Sibylla Merian ganó una reputación internacional por la calidad y belleza de sus dibujos de plantas e insectos publicados en la segunda mitad del siglo XVII.

En Holanda, la obra de Jacques de Ghevn II (1565-1629) sobresale debido al alto grado de precisión que logró en la pintura de especímenes naturales. Por su parte, Adrian Collaert (1560-1618) elaboró una amplia colección de imágenes de animales de distintos lugares del planeta, cerca de noventa dibujos de peces, más de sesenta aves y cuarenta cuadrúpedos, reunidos en setenta

[55] Véase, por ejemplo, Barbara Stafford, *Voyage into Substance: Art, Science and Nature and the Illustrated Travel Account, 1760-1840* (Cambridge: The MIT Press, 1984).

y cinco láminas. Estas son muestras del cuidado y la precisión del pintor, que incorporó distintos especímenes dentro de una escena o paisaje, algunas veces con un propósito alegórico. Aquí la interacción entre la obra de arte y el catálogo científico se hace más difusa. Otras historias naturales ilustradas como la de Conrad Gessner, o pintores de plantas como Fuchs, muestran solo una especie por lámina y no incluían una ambientación del paisaje en la colección de especímenes que constituían un catálogo o enciclopedia con fines explícitos de clasificación.

Maria Sibylla Merian (1647-1717)

Además de una virtuosa pintora de la naturaleza fue una destacada naturalista, especialista en el estudio de insectos y plantas. En una época en la cual los viajes de exploración fuera de Europa no eran fáciles y menos para una mujer, viajó a la colonia holandesa de Surinam, donde realizó cuidadosas observaciones sobre la vida de los insectos. En 1676 inició su carrera científica con la publicación de su libro *Maravillosa metamorfosis y especial nutrición de la oruga*. Un trabajo bellamente ilustrado con imágenes de las transformaciones de las orugas. Su legado en la entomología es notable, se le ha dado su nombre a nueve mariposas, dos escarabajos y seis plantas. Merian no solo fue una de las pocas mujeres que viajaron fuera de Europa para estudiar la naturaleza de otras latitudes, hizo un interesante hallazgo sobre el uso como abortivo de una planta, *flos pavonis*, lo cual aprendió de las mujeres esclavas y nativas de Surinam, quienes la empleaban para evitar tener hijos esclavos. Sabemos que los saberes locales sobre cualidades medicinales de plantas fue un interés europeo a lo largo de su expansión imperial fuera de Europa y que la medicina tiene una deuda notable con tradiciones botánicas no europeas. Sin embargo, el mundo masculino de la medicina no hizo eco de estos hallazgos y su "descubrimiento" no tuvo mayor importancia en las prácticas médicas europeas.

Como mencionamos en el acápite anterior, la historia natural de la temprana modernidad guarda una estrecha relación con la historia de la imprenta. La visualización y la ilustración de la naturaleza son un capítulo definitivo en la historia de la ciencia moderna. Un mapa completo de la ciencia en la modernidad europea tiene que tener presente el papel que desempeñaron nuevas técnicas de representación. La verdad, ahora lo vemos con algo más de claridad, es el resultado de un arduo trabajo, un complejo artefacto que adquiere sentido en contextos particulares.

IMAGEN XII.44. *Piña con insectos, Maria Sibylla Merian, 1719, National Museum of Women in the Arts, Washington D. C.*

FUENTE: "Metamorphosis insectorum surinamensium", *Wikimedia Commons*, última modificación 23 de enero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/uhSbrw.

IMAGEN XII.45. *Caimán y serpiente, Maria Sibylla Merian, 1719, Hampel Auctions*

FUENTE: "Illustration of a Caiman crocodilus and an Anilius scytale (1701–1705) by Maria Sibylla Merian", *Wikimedia Commons*, última modificación 13 de enero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/pDVGkF.

IMAGEN XII.46. Twee papegaaien in een landschap, *Adrian Collaert, 1598-1602*

FUENTE: "Twee papegaaien in een landschap", *Wikimedia Commons*, última modificación 4 de marzo del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/4ru4q5.

IMAGEN XII.47. America, *Adrian Collaert, 1588-1589, Iris & B. Centro de Artes Visuales Gerald Cantor, Universidad de Standford*

FUENTE: "Adriaen Collaert, America, Google Art Project", *Wikimedia Commons*, última modificación 29 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/htSMmb.

Mapas, arte y ciencia

Otro campo de la representación visual en el cual convergen el arte y la ciencia y que merece un comentario particular es la cartografía. Las relaciones entre cartografía y pintura son evidentes y antiguas. La misma etimología del término *geografía* nos remite a una pintura de la Tierra. En el mundo moderno la cartografía y la pintura tienen diferencias obvias, pero también comparten elementos y, en ocasiones, la frontera entre ambos campos se torna difusa.

En el Renacimiento la relación entre arte y cartografía era evidente, no solo en la frecuente presencia de elementos pictóricos en los mapas, sino también en la reiterada aparición de mapas en las pinturas de grandes artistas. La presencia de mapas y globos terráqueos en la pintura, como lo hemos señalado en el caso de Vermeer, es constante en el arte holandés del siglo XVII. Por otra parte, los grandes mapas, cuya manufactura es de hecho un oficio complejo, fueron objetos para ser admirados y muchas veces incluyeron elementos pictóricos sofisticados. Como el arte, algunos grandes mapas se hicieron como costosos regalos para príncipes. Pero la relación va mucho más allá de la confluencia de mapas en las pinturas o de pinturas en los mapas.

En la cultura visual holandesa del siglo XVII, la pintura, la historia natural, la cartografía y la historia compartieron fines y medios[56]. El tratamiento matemático del espacio, que tanto hemos comentado para entender la pintura del Renacimiento, tiene antecedentes en la geografía. El propósito de la pintura y de la cartografía en términos visuales son muy distintos. Mientras que el fin de la proyección de Ptolomeo era poner la esfera en un plano; la perspectiva en pintura, por su parte, como lo enunciaron Brunelleschi y Alberti, permitió hacer de la imagen una especie de ventana por medio de la cual observar la realidad. La proyección cartográfica se acerca más a la idea de un observador que no tiene lugar, mientras que en la perspectiva es crucial la posición del observador, que se hace explícita en la composición de la pintura.

La cartografía matemática supone una "mirada de pájaro", desde el cielo. "Cuán maravilloso es un buen mapa", escribe Samuel van Hoogstraten en su tratado de arte, "en el cual, gracias al arte del dibujo se puede apreciar el mundo como si se mirara desde otro mundo"[57]; mientras que en la perspectiva la mirada es claramente humana y desde la Tierra. Sin embargo, la grilla que Ptolomeo propuso, y que se impuso con Mercator, comparte con la perspectiva del Renacimiento la uniformidad y el rigor geométrico. La historia

[56] Alpers, *The Art of Describing*, 162.

[57] "How wonderful a good map is [...] in which one views the world as from another world thanks to the art of drawing". Citado en Alpers, *The Art of Describing*, 141. Traducción propia.

IMAGEN XII.48. Praefecturae de Pariba, et Rio Grande, *Gaspar Barleus y Joan Blaeu, 1662, Biblioteca Nacional de los Países Bajos, Ámsterdam*

FUENTE: Barry Lawrence Ruderman Antique Maps Inc.

de esta relación, de un mismo lenguaje matemático en pintura, arquitectura, astronomía y cartografía, merece un estudio más cuidadoso, que se remonta a las tradiciones platónicas.

Como lo sugiere Alpers, el reencuentro entre pintura y cartografía tuvo lugar más en el arte holandés del siglo XVII que en la Italia de Alberti y Brunelleschi. Alpers, en su trabajo sobre pintura holandesa, hace un interesante paralelo entre el propósito de la cartografía y la pintura, en particular de la pintura de paisajes. Aquí las pinturas y los mapas compartieron el propósito de describir un lugar o una ciudad en una representación visual fiel a la realidad. Fue el caso de los mapas producidos en Brasil por Georg Markgraf. Algunos de ellos, como el de Paraíba y Rio Grande, publicados por Blaeu en 1662, son un buen ejemplo de cómo la geografía y la cartografía se complementan con el paisaje[58].

[58] Alpers, *The Art of Describing*, 162-163.

Por otro lado, la pintura del mundo y sus distintos continentes no se limitó a la cartografía. Los cuatro continentes fueron objeto de la gran obra de Jan van Kessel el Viejo, *Europa*, *África*, *Asia* y *América*. Una forma muy eficiente de poner el mundo entero en un solo lugar, sobre las paredes de un recinto, de un gran salón en el palacio.

Óptica: la ciencia y el arte de ver

El reto de una fiel representación visual del mundo, bien sea en términos del tratamiento matemático del espacio y del uso de técnicas de perspectiva o de la copia directa de la naturaleza, necesariamente se confronta con los estudios sobre la luz, el color y la visión humana. No nos debe sorprender que la óptica fuera un interés común del arte y la filosofía natural a lo largo de la Edad Media y el Renacimiento. La óptica reúne campos del conocimiento hoy diferenciados: por un lado, guarda una estrecha relación con una tradición matemática que desde Euclides buscó explicar el fenómeno de la visión con el lenguaje de la geometría; por otro lado, tiene que ver con aspectos fisiológicos, sobre el ojo humano, y también con preguntas sobre la naturaleza física del color y de la luz.

El problema de la visión estará en el centro de preguntas fundamentales sobre la percepción de la realidad y la verdad. No es una coincidencia entonces que fuera un tema del que se ocuparan los grandes protagonistas de la historia de la ciencia y del arte modernos. Fue clave para los teóricos de la perspectiva en el arte italiano, al igual que para Kepler, Descartes, Galileo y Newton, quienes se preocuparon por entender la visión, la luz y el color[59], muchas veces en estrecha relación con problemas propios de la astronomía, pero también como un gran asunto del conocimiento en sí mismo.

Como se mencionó, en la tradición árabe la óptica también fue uno de los temas de interés científico. En el acápite sobre el islam destacamos la importancia de Alhacén († ca. 1040), quien criticó y refutó las teorías platónicas que suponían la emanación de rayos luminosos desde el ojo a los cuerpos que se observan, para dar una explicación contraria y más cercana a las teorías modernas, según la cual el origen de la luz está en los cuerpos luminosos y no en el ojo. Las traducciones al árabe de los tratados griegos sobre óptica, como los de Aristóteles, Euclides y Ptolomeo, fomentaron el desarrollo de una compleja ciencia de la visión y de la luz en el mundo islámico, retomada más adelante en el Renacimiento europeo.

Varios tratados y autores italianos del siglo XVI se interesaron por la óptica desde el punto de vista físico y estético. Entre otros, podemos mencionar

[59] Véase Paolo Mancosu, "Acoustics and Optics", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 598-631.

IMAGEN XII.49. América, *Jan van Kessel el Viejo, 1666, Alte Pinakothek, Múnich*

FUENTE: "The Continent of America 1666 Jan van Kessel the Elder", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de enero del 2018, acceso el 10 de abril del 2018, https://goo.gl/BUbY6E.

a Daniele Barbaro (1514-1570), Federico Commandino (1507-1575), Giambattista Benedetti (1530-1590) y Guidobaldo del Monte (1545-1607). No exploraremos aquí una historia detallada de los tratados y autores que hicieron de este un problema teórico a lo largo de los siglos XVI y XVII, pero será interesante referirse a Egnatio Danti (1536-1586) como un ejemplo claro de la interacción entre las matemáticas, la astronomía, la arquitectura, la pintura y la óptica en el Renacimiento italiano.

Descendiente de una familia de artistas e intelectuales, Danti publicó la traducción al italiano, hecha por su propio abuelo, de *Tratado de la esfera* de Sacrobosco, uno de los tratados de mayor difusión de la cosmología aristotélica-ptolemáica en el Renacimiento. Bajo el mecenazgo de Cosimo I en Florencia, en la década de 1560, fue contratado para diseñar mapas y un globo terrestre para las galerías del Gran Duque. Danti y otros ya habían hecho explícita la estrecha relación entre los problemas de la pintura y la cartografía.

Danti fue contratado nada más y nada menos que para poner en marcha el ambicioso plan de León X de reformar el calendario juliano, que para entonces tenía un desfase de varios días. Realizó una traducción comentada de la *Óptica* de Euclides y escribió de manera prolífica sobre temas de óptica y perspectiva. Se le encargó el diseño de una serie de mapas de Italia y diseñó edificios e instrumentos astronómicos. Sus comentarios al libro de Vignola, *Le due regole della prospettiva pratica*, conforman un extenso y útil tratado para la instrucción de pintores en el uso de las técnicas fundamentales de la perspectiva. Fue también autor del *Trattato dell'uso et della fabbrica dell'astrolabio con la giunta del planisfearo del Raja* y de *Le scienze matematiche ridotte in tavole*.

La astronomía y la óptica, en particular con el uso del telescopio, serán dos campos inseparables. Los grandes astrónomos modernos, casi sin excepción, se ocuparon de la óptica y fueron hábiles en el uso de lentes y en la fabricación de telescopios. Conocemos los debates que surgieron a partir de los anuncios de Galileo sobre los satélites de Júpiter o los cráteres de la Luna (véase el capítulo XV). De manera similar, los lentes de aumento y los primeros microscopios mostraron un nuevo universo de objetos y condujeron a formular preguntas en el ámbito de la historia natural y la medicina. En pintura, la óptica también desempeñó un papel notable, de manera especial en el problema de la perspectiva y más adelante con el uso de lentes de aumento y de la cámara oscura.

Entre los diversos tratados de óptica del Renacimiento sobresale el trabajo de Johannes Kepler, de quien nos ocuparemos más adelante. Por lo pronto, vale la pena tener presente que su propósito fue ofrecer una explicación mecánica del fenómeno de la visión. La motivación de Kepler para estudiar la óptica no fue la pintura sino la astronomía; sin embargo, la preocupación en el fondo era la misma. Tanto la pintura como la astronomía dependían de la capacidad humana de ver y de representar el mundo tal y como es. Kepler se interesó por la cámara oscura e hizo mejoras notables al introducir lentes

convexos que permitieron aumentar el tamaño y la nitidez de las imágenes proyectadas[60]. Como mostraremos más adelante, el éxito de la filosofía mecánica (la mecanización de la naturaleza) adquirió sentido en un momento en el que se fabricaban sofisticados aparatos, entre ellos instrumentos de observación. Ofrecer una explicación mecánica del fenómeno de la visión, y hacer del ojo humano un mecanismo análogo al que se puede reconocer en la cámara oscura o en el telescopio es una poderosa forma de conectar el mundo con el observador dentro de una cosmología mecanicista.

Como se ha hecho evidente, en la historia de la verdad de la época moderna fue fundamental un conjunto de artefactos y máquinas sin las cuales no habría existido la ciencia tal y como la entendemos hoy. El más notable, tal vez, haya sido la imprenta, pero tanto en el arte como en la ciencia, la idea de una pintura o copia fiel de la realidad estuvo muchas veces mediada, en ocasiones de manera problemática, por aparatos. Los caballetes y grillas del pintor, el compás y la regla, el astrolabio, el telescopio, el microscopio, la brújula, los relojes de arena, los relojes mecánicos, la campana de vacío y la cámara oscura son algunos ejemplos. La importancia de los instrumentos conduce necesariamente a la relevancia de sus fabricantes y operarios, y el mundo de lo técnico, artesanal y manual irrumpió con fuerza en la historia de la verdad.

En el arte holandés, Alpers encuentra coincidencias con los ideales baconianos. Constantijn Huygens, padre de Christiaan Huygens, compartió con Bacon la idea de una nueva era gracias a las artes y la ciencia: el dominio humano de la naturaleza era posible gracias a las artes humanas. Un caso destacado del ingenio humano fueron los instrumentos de observación. El gran plan de Dios era entonces visible en su verdadera dimensión con el uso de microscopios y telescopios. En sus escritos, Constantijn Huygens insistió en la importancia de la representación visual para el conocimiento de la naturaleza. Al igual que para Bacon, para Huygens la ciencia no se fundamentaba en la teoría o en las matemáticas sino en la observación, en los procedimientos experimentales y en sus usos prácticos. Sus intereses estaban en la medicina, la cartografía, la construcción de canales y en las pequeñas criaturas que aparecían con los microscopios de Leeuwenhoek.

El sueño baconiano de una nueva ciencia, que superara las falsas creencias y la imaginación o el prejuicio, se fundó en la idea de una observación directa de la naturaleza. Los *ídolos* pueden superarse solo en la medida en que la naturaleza sea dominada por las artes humanas. El arte, o mejor, la *techne*, en el caso de Bacon, desempeñaron un papel central en la comprensión del mundo. La naturaleza debía ser "torturada" para que revelara sus secretos. Si bien la observación directa era clave, al parecer no se trataba de una actividad pasiva y debía recurrirse al arte.

[60] Jardine, *Ingenious Pursuits*, 104.

Los hechos, como de manera contundente lo han mostrado Shapin y Shaffer en su libro sobre Robert Boyle, son el resultado de complejas prácticas sociales y de mucho trabajo (véase el capítulo XVI). La manufactura de una pintura al natural, el realismo, al igual que la producción de hechos científicos, implica reglas, acuerdos y un entrenamiento minucioso. La observación detallada y precisa tiene que traducirse en un trabajo manual. El arte de la representación (*craft*) es una práctica que supone no solamente un lenguaje sino muchas veces el uso de instrumentos y artefactos. Veamos algunos ejemplos relacionados con la representación visual.

Alberti propone para la puesta en práctica de la perspectiva el uso de un velo de hilos, a manera de una retícula de cuadrados uniformes mediante el cual se debe observar la realidad; Danti le dedica parte de su obra a máquinas de perspectiva que seguirán siendo motivo de interés para el arte y para la ciencia. En los distintos tratados sobre perspectiva, como el de Durero, *Underweysung der Messung*, el uso de artefactos es casi obligatorio.

Arquitectos e ingenieros requirieron de instrumentos análogos a los que usaban los astrónomos o cartógrafos, quienes combinaban la brújula y el

IMAGEN XII.50. Underweysung der Messung. *Alberto Durero, 1525*

FUENTE: "Duerer Underweysung der Messung 181", *Wikimedia Commons*, última modificación 2 de agosto del 2009, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/9VVggt.

IMAGEN XII.51. *Ballestilla*

Instrumentos como el astrolabio o la ballestilla náutica, útiles en astronomía, navegación y cartografía, fueron utilizados por arquitectos y pintores para medir distancias, el ancho de una fachada o la altura de un edificio.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

astrolabio para realizar orientaciones verticales y horizontales. El astrolabio o la ballestilla, tal vez familiares para el astrónomo o el navegante como instrumentos para medir la altura de las estrellas sobre el horizonte, eran en versiones análogas útiles para arquitectos que requerían medir la altura de un edificio o el ancho de una fachada.

El más célebre de los instrumentos de observación en la historia de la ciencia moderna es el telescopio de Galileo (véase el capítulo XV). Los dibujos de Galileo de la Luna, o mejor, de sus observaciones telescópicas de la Luna, producen en el observador la sensación particular de realismo.

Galileo no es famoso por sus habilidades artísticas, pero es obvio su dominio de técnicas básicas de claroscuro y el uso de la luz y la sombra; y como lo ha señalado Mark Peterson, la formación artística de Galileo fue fundamental en el desarrollo de su obra científica[61]. Mario Biagioli, por su parte, muestra cómo los usos de las imágenes de Galileo sobre sus descubrimientos telescópicos van más allá de una copia fiel de la realidad y tienen el propósito de servir a sus propios argumentos. En el caso de la Luna y la exaltación de sus cráteres, o mejor, de las imperfecciones en la superficie lunar,

[61] Mark Peterson, *Galileo's Muse: Renaissance, Mathematics and the Arts* (Cambridge: Harvard University Press, 2011).

sirvió como argumento para refutar a los seguidores de Aristóteles que defendían la perfección de todos los cuerpos celestes compuestos de un quinto elemento, el éter (véase la imagen XV.3.).

Con excepción de Galileo en Italia, quien de hecho recibió noticias del telescopio desde Holanda, el uso de lentes para la ciencia y el arte tuvo su más notable desarrollo en el norte de Europa. Dos figuras pioneras en el uso de lentes, que veremos a continuación, fueron Johannes Vermeer, en la pintura, y Anton van Leeuwenhoek, en las ciencias naturales.

Vermeer y Leeuwenhoek

La ciudad de Delft era relativamente pequeña en el siglo XVII, con unos 20 000 habitantes, pero estaba llena de vibrantes novedades y cambios políticos y religiosos, justo en el centro de una Holanda pujante y pionera en innovaciones tecnológicas, y líder en la reconfiguración económica global. Allí se cruzaron las vidas de dos hombres de la misma edad, que dejaron un legado a la posteridad en campos en apariencia distintos, el arte y la ciencia, y que tenían una pasión común por el meticuloso examen del mundo natural: Johannes Vermeer y Anton van Leeuwenhoek. Sus obras hacen evidente la intención de poder mostrar el mundo tal y como se observa de manera directa y diligente. En este cometido, los dos compartieron una fascinación y se beneficiaron de los novedosos instrumentos ópticos y del uso de lentes para perfeccionar la mirada del mundo natural[62].

Leeuwenhoek, entrenado en el uso de lentes de aumento para examinar la calidad de los textiles, fue mucho más allá de sus conocimientos comerciales en el examen de las tramas de las telas, y con sus cada vez más poderosos y precisos microscopios ofreció al público un nuevo mundo de criaturas y estructuras desconocidas: el complejo ojo de una mosca, las pulgas y los vellos de sus patas y antenas, y la aterradora y precisa morfología de un piojo. Una sola gota de agua, de sangre o de semen revelaba un nuevo universo. Como los exploradores de tierras lejanas que traían descripciones de seres extraordinarios, Leeuwenhoek reveló al mundo un microcosmos de infinitas nuevas formas y posibilidades para la comprensión de la creación de Dios.

Vermeer, por su parte, atraído también por la magia de la óptica, y en particular con la ayuda de la cámara oscura, llevó la pintura a un grado de perfección en el manejo de la luz y la recreación de texturas que lograron maravillar a su público con retratos y paisajes que parecen cobrar vida en un instante sobre el lienzo.

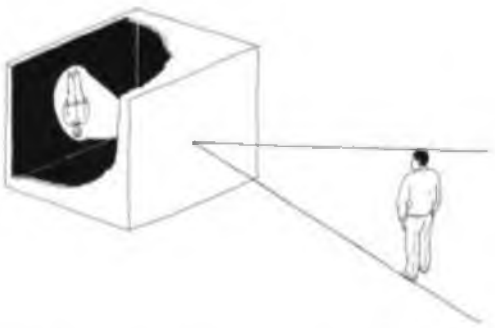
[62] Laura Snyder, *Eye of the Beholder: Johannes Vermeer, Antoni van Leeuwenhoek, and the Reinvention of Seeing* (Nueva York: W. W. Norton & Company, 2015).

La idea de realismo en la modernidad nos invita a usar la expresión *fotográfica* como una imagen exacta del mundo. Entre los instrumentos para una pintura más precisa tiene un lugar destacado un artefacto que precedió a la cámara fotográfica: la cámara oscura.

El fenómeno de la cámara oscura sucede cuando rayos de luz pasan por un orificio pequeño. Dicho haz de luz, proyectado sobre una superficie plana, genera una imagen invertida pero exacta del objeto o escena que se observa (véase la imagen XII.52.). Este fenómeno ya había sido objeto de interés en los tratados de óptica clásicos y medievales, como el de Alhacén, más preocupados por entender la naturaleza de la luz que en su uso en el ámbito artístico. Leonardo también se interesó en el fenómeno y durante los siglos XVI y XVII se realizó un esfuerzo continuo por darle un uso práctico a este mágico artefacto. Pronto se convirtió en un instrumento de interés para el arte y la ciencia. Kepler, y más tarde Robert Hooke, emplearon de forma notable los lentes para mejorar la calidad de las imágenes.

Resulta interesante y de cierta manera paradójico, que esta idea de una observación *directa* de la naturaleza, tanto en el arte como en la ciencia, suponga el uso de artefactos y mediaciones técnicas, como en el caso de la astronomía, de la pintura e incluso en la observación de las minúsculas formas de vida. Esta mediación puede ser cuestionada y, como en el caso de las observaciones telescópicas de Galileo, es posible argumentar que el sentido de la visión que nos ha dado el Creador debe ser suficiente para ver el mundo

IMAGEN XII.52 *Cámara oscura*



El fenómeno llamado *cámara oscura* tiene lugar cuando se permite el paso de luz a través de un orificio pequeño de un caja cerrada. Como resultado se proyectan imágenes invertidas de los objetos observados.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

tal y como es; y que, por el contrario, los lentes afectan la realidad. Pero al mismo tiempo los instrumentos de observación y medición desempeñaron un papel crucial en la sustentación de la idea de neutralidad. Los instrumentos pronto se convirtieron en confiables "testigos" neutrales; de manera que el uso de aparatos constituyó un capítulo clave en la historia de la objetividad. Es decir, en la desaparición del sujeto que observa para tener la idea de un mundo en sí mismo.

Leeuwenhoek, un comerciante de textiles holandés, no formaba parte de las élites científicas de Europa; pero sus observaciones e instrumentos fascinaron a los hombres de ciencia de la Real Sociedad de Londres, en la cual fue aceptado como miembro en 1680. El nuevo mundo de lo invisible al ojo humano tuvo su más espectacular presentación al público en Londres gracias a Robert Hooke. Con el auspicio de la Real Sociedad de Londres, Hooke publicó en 1665 su *Micrographia*, el primer libro ilustrado de observaciones hechas con un microscopio. En la introducción del libro, Hooke se refiere a la necesidad de combinar "Una mano sincera y un ojo fiel"[63]. El libro es una exhibición de imágenes que hacen evidente el poder de las artes para la ciencia.

El uso del microscopio, al igual que el de un telescopio, de por sí requiere habilidades muy precisas. El empleo mismo del aparato supone entrenamiento, pero la preparación de los materiales también implica cuidado y práctica. Es decir, para ver con un microscopio es necesario aprender a ver y, por lo mismo, las imágenes impresas no son simples imágenes de un mundo invisible a simple vista, son el resultado de un arduo trabajo técnico, artístico y científico. En las primera páginas de su *Micrographia*, Hooke incluye una serie de instrucciones para el uso del microscopio, de manera que el texto sirve de manual para que se hagan otras observaciones con microscopios disponibles en el mercado[64]. Además de animales o estructuras microscópicas, incluyó dibujos detallados de la superficie lunar vista por medio de poderosos telescopios hechos por Christopher Wren. El libro fue sin duda una sensación, tuvo un éxito tremendo y le brindó al mundo un nuevo horizonte, una nueva realidad nunca antes vista.

"Por medio de telescopios —escribe Robert Hooke—, no hay nada tan lejano que no pueda ser representado a nuestra vista y con la ayuda de microscopios, no hay nada demasiado pequeño que escape a nuestro conocimiento. De manera que hemos descubierto un nuevo mundo visible [...] todos los secretos de la naturaleza"[65].

[63] "A sincere Hand and a faithful Eye". Citado en Alpers, *The Art of Describing*, 73. Traducción propia.

[64] Jardine, *Ingenious Pursuits*, 45.

[65] "By means of the Telescopes there is nothing so far distant but may be represented to our view; and by the help of Microscopes, there is nothing so small as to escape our inquiry. Hence there is a new visible world discovered [...] all the secret workings of Nature". Citado en Park y Daston, *The Cambridge History*, 539. Traducción propia.

IMAGEN XII.53. *Trozos de corcho, Robert Hooke*, Micrographia, *1664*

FUENTE: "Robert Hooke, Micrographia, cork. Wellcome M0010579", *Wikimedia Commons*, última modificación 7 de febrero del 2018, acceso el 28 de mayo del 2018, https://urlzs.com/guzN.

IMAGEN XII.54. *Pulga, Robert Hooke*, Micrographia, *1664*

FUENTE: "Flea Micrographia Hooke", *Wikimedia Commons*, última modificación 12 de agosto del 2006, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/tkgR4D.

Sin duda, una nueva perspectiva para la investigación apareció gracias a la óptica y sus artefactos. Una de las ilustraciones que se incluyen en el libro es un corte de corcho que muestra una estructura similar a la de un panal de abejas, lo cual parece revelar que la estructura de las plantas se compone de células[66]; una sugerencia que, como sabemos, sería más adelante central en la biología. En anatomía, Malpighi pudo corroborar las tesis de Harvey, gracias a sus observaciones de los capilares de los pulmones se hizo evidente la comunicación entra las arterias y las venas y, desde luego, en medicina el mundo microscópico fue un nuevo frente para reconocer las causas de las más mortales enfermedades.

Así como las nuevas rutas comerciales llevaron a Europa un nuevo mundo de bienes, plantas, medicinas, animales y formas de pensar, las nuevas urbes facilitaron también la supervivencia de agentes transmisores de infecciones fatales. Robert Hooke mostró la maravillosa complejidad del mundo de criaturas antes invisibles; puso la atención en una criatura diminuta, la pulga, que, vista con el microscopio, mostraba su monstruosa apariencia. Sin saberlo, lo que Hooke mostró fue un nuevo horizonte de la medicina. Las grandes plagas que aterrorizaron Europa, tomando miles de vidas por semana y diezmando la población de las grandes ciudades en cifras apocalípticas, no pudieron ser controladas hasta que no se hizo evidente que los agentes de los contagios eran físicos y reales, aunque invisibles al ojo humano.

Anton van Leeuwenhoek (Delft, Holanda, 1632-1723)

En términos contemporáneos se podría considerar a Leeuwenhoek un científico, biólogo o microbiólogo. Fue conocido por introducir mejoras notables en los microscopios y realizar con estos observaciones y análisis pioneros de diferentes clases de microorganismos. Además de esto, desempeñó en Holanda actividades comerciales y fue funcionario durante una buena parte de su vida. Como mercader de telas desarrolló lupas que permitieron ver con más detalle la calidad de las telas. No mucho después, estos lentes fueron perfeccionados por él mismo, para observar no solo telas, sino una gran variedad de organismos y objetos. Por ejemplo, Leeuwenhoek tomó muestras de las aguas de un lago de Delft, en las cuales encontró diminutos especímenes con vida. Además de esto, analizó otras sustancias, como el semen, en el que encontró "pequeños animales", y glóbulos rojos de distintos animales. Estudió también diferentes insectos, plantas, minerales y metales.

[66] Jardine, *Ingenious Pursuits*, 314.

Muchas de sus observaciones las detalló en cartas que envió a la Real Sociedad de Londres, en la cual despertaron un gran interés. Hacia 1680 fue admitido en la Real Sociedad y hacia 1699 ingresó a la Academia de Ciencias de París. La obra de Leeuwenhoek está plasmada más en cartas y en los numerosos lentes y microscopios que construyó, que en publicaciones propiamente "científicas". Murió en su ciudad natal a una edad avanzada.

Los historiadores del arte debaten sobre el papel exacto que desempeñaron diversos instrumentos en la historia de la pintura y parece haber cierto consenso en que la pintura holandesa del siglo XVII se benefició del uso de artefactos ópticos. La precisión y el detalle de algunas pinturas de Vermeer parecen corroborar el argumento.

Otros han ido más lejos, el artista británico David Hockney publicó un provocador y detallado estudio, *El conocimiento secreto* (2001)[67], en el cual argumenta que desde inicios del siglo XV, artistas como Van Eyck, Holbein y Velázquez utilizaron instrumentos ópticos.

Sin necesidad de entrar en los debates sobre hasta qué punto la obra de Vermeer es el resultado del uso de ayudas tecnológicas, resulta interesante referirse a las relaciones entre arte, tecnología y verdad, que son tan evidentes en la pintura holandesa del siglo XVII. La cercanía de Vermeer con el mundo de la ciencia se hace clara no solo en la tecnología y precisión de sus obras, sino en el contenido de sus pinturas. Dos de sus más conocidos cuadros, *El geógrafo* (1668-1669) y *El astrónomo* (1668), son muestras de su virtuosismo en el tratamiento de la luz y de su interés en campos del conocimiento que en el siglo XVII cambiaron el mundo.

En sus pinturas es frecuente la presencia de mapas y globos terráqueos. No olvidemos que Holanda fue el centro del mayor desarrollo cartográfico de los siglos XVI y XVII con los grandes atlas de Abraham Ortelius y Janszoon Blaeu.

Las nuevas formas de ver y de representar la naturaleza que hemos descrito, la emergencia de una nueva cultura visual, la consolidación de la ciencia y del arte, y la ciencia moderna fueron posibles gracias a la innovación técnica de mayor impacto en el mundo moderno, a la cual le dedicaremos la última sección de este capítulo: la imprenta.

[67] David Hockney, *Secret Knowlege: Rediscovering the Lost Techniques of the Old Masters* (Nueva York: Viking Studio, 2006).

IMAGEN XII.55. Gezicht de Delft *(Vista de Delft), Johannes Vermeer, 1660*
The Royal Picture Gallery of Mauritshuis

FUENTE: "Vermeer-view-of-delft", *Wikimedia Commons*, última modificación 17 de diciembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/nGS632.

Johannes Vermeer (Delft, Holanda, 1632-1675)

Pintor barroco, vivió en una época de espectacular auge económico y cultural en Holanda. Al parecer, Vermeer no se dedicó de manera exclusiva a la pintura. Tenía una familia numerosa y el sostenimiento de esta lo forzó a ejercer otros oficios, como el de comerciante. Comparado con otros artistas, no realizó una obra tan extensa. Muchos de sus trabajos fueron encargos particulares de mecenas o personajes adinerados. A pesar de esto, cubrió en sus pinturas diversas temáticas y estilos. Dentro de la pintura histórica se destacan los cuadros *Cristo en casa de Marta y María* (1654-1655) y *Santa Práxedes* (1655). Entre los paisajes urbanos sobresalen las pinturas *La callejuela* (1557-1558) y *Vista de Delft* (1660-1661). Vermeer también hizo cuadros referentes a mujeres jóvenes y solitarias, como *Muchacha leyendo una carta* (1657) y *La lechera* (1658-1660). Realizó además pinturas sobre ciencia, como *El astrónomo* (1668) y *El geógrafo* (1668-1669), y varias alegorías. Si bien Vermeer no fue un artista marginado durante su vida, sus obras cobraron mayor importancia después de su muerte, en especial en el siglo XIX. Vermeer murió en su ciudad natal en medio de una situación económica difícil.

IMAGEN XII.56. El geógrafo, *Johannes Vermeer, 1668-1669, Instituto Städel, Fráncfort*

FUENTE: "1669 Vermeer De geograaf anagoria", *Wikimedia Commons*, última modificación 25 de marzo del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/J74H8L.

IMAGEN XII.57. El astrónomo, *Johannes Vermeer, 1668, Museo del Louvre, París*

FUENTE: "Vermeer, El astrónomo (Museo del Louvre, 1668)", *Wikimedia Commons*, última modificación 20 de noviembre del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/8QDdc8.

IMAGEN XII.58. El soldado y la muchacha sonriendo, *Johannes Vermeer, 1658, Colección Frick, Nueva York*

FUENTE: "Jan Vermeer van Delft 023", *Wikimedia Commons*, última modificación 20 de febrero del 2011, acceso el 24 de junio del 2016, https://urlzs.com/Jkif.

LA IMPRENTA

En los albores del siglo XVII Francis Bacon escribió:

> [...] vale la pena tomar nota de la fuerza, la virtud y las consecuencias de los inventos, particularmente manifiestas en aquellos tres inventos desconocidos de los antiguos y cuyo origen, aunque reciente, es obscuro e ignoto; me refiero a la imprenta, la pólvora y la brújula. Estas tres cosas han cambiado la faz del mundo y las condiciones de la vida humana: la primera en el campo de las letras, la segunda en el ámbito de la guerra y la tercera en la navegación[68].

La serie de grabados de Jan van der Straet, titulados *Nova reperta*, ya comentada, incluye la imprenta y el grabado entre algunos de los grandes logros de la Europa moderna. No es nuestro propósito debatir si la imprenta fue uno de los tres grandes inventos de la modernidad, sin embargo, no cabe duda de que la ciencia, tal y como la entendemos hoy, no sería posible sin

[68] Francis Bacon, *La gran restauración*, traducido por Miguel Granada (Madrid: Alianza Editorial, 1985), 184.

IMAGEN XII.59. *"La invención de la imprenta", Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 4 de* Nova reperta, *1600, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York*

FUENTE: "New Inventions of Modern Times -Nova Reperta-. The Invention of Book Printing, plate 4", *Wikimedia Commons*, última modificación 10 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/7dXa.

IMAGEN XII.60. *"La invención del grabado en cobre", Jan Galle, inspirado en la obra de Jan van der Straet, plancha n.º 19 de* Nova reperta, *1600, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York*

FUENTE: "New Inventions of Modern Times -Nova Reperta-. The Invention of Copper Engraving, plate 19", *Wikimedia Commons*, última modificación 10 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/FZ76.

formas de comunicación impresas y estables como las que emergieron con el uso de la imprenta en la Europa moderna. El conocimiento es comunicación. Esta es una afirmación simple, contundente e irrefutable. Si la tomamos con la seriedad que se merece, debemos reconocer que la historia del conocimiento no es otra cosa que la historia de la comunicación y circulación de ideas, formas de pensar y actuar.

Así, cualquier intento por explicar el nacimiento de la ciencia moderna o la historia de la verdad en Occidente que deje de lado las prácticas y los instrumentos de comunicación que acompañan la aparición y consolidación de una tradición científica moderna quedaría incompleta y, hasta cierto punto, vacía. Veremos cómo un elemento distintivo del periodo que tradicionalmente reconocemos como Renacimiento es la estrecha relación entre el conocimiento de la naturaleza, la manufactura de imágenes. El problema de la correcta representación del mundo que enfrentaron los antiguos y modernos es el mismo, la diferencia radica en que durante el Renacimiento los europeos tenían a su alcance muchos más datos, más libros, más textos e imágenes puestas en un solo lugar, en sus ciudades y en sus propios estudios, gabinetes, bibliotecas y laboratorios. El arte del Renacimiento, como hemos visto en detalle, estableció la copia fiel de la naturaleza como un objetivo central.

Los viajes de exploración, la necesidad y la posibilidad de movilizar y acumular información de lugares remotos —sobre plantas, animales e islas o continentes remotos— hicieron de la representación visual una herramienta esencial para el conocimiento y dominio del mundo. Podemos argumentar, por ejemplo, que el desarrollo de la historia natural, la anatomía, la ingeniería, la cartografía, la astronomía tal y como las entendemos hoy habría sido imposible sin formas de reproducción dinámicas como la imprenta.

Gracias a la imprenta fue posible no solo poner el mundo en papel sino ponerlo al alcance de comunidades amplias, de muchas personas en lugares distintos. La representación gráfica hace posible acumular tiempo y espacio de una manera tan eficiente y estable que es posible plasmar el cuerpo humano, la geografía, el cosmos entero, en hojas de papel. Solo al estudiar estas formas de representación visual podemos entender el poder de las ciencias en su propósito de representar y controlar el mundo. "Los hombres de ciencia —nos dice el filósofo Bruno Latour— comienzan a ver más, una vez dejan de observar la naturaleza y concentran su mirada sobre hojas de papel impresas"[89].

[89] "Scientist start seeing something once they stop looking at nature and look exclusively and obsessively at prints and flat inscriptions". Bruno Latour, "Representation and Realist-Constructivist Controversy", en Lynch y Woolgar, *Representation in Scientific Practice*, 39. Traducción propia.

De manera que la historia de la verdad en el mundo moderno no se reduce a ideas o conceptos, tiene una materialidad que nos obliga a tomar en serio el papel que desempeñó la manufactura de imágenes, textos, libros y publicaciones periódicas. Gutenberg no inventó la imprenta, pero desarrolló una técnica que facilitó la impresión de textos más complejos y libros enteros, al crear moldes con piezas de metal (tipos) móviles para cada letra. No es entonces extraño que la combinación de texto e imagen formara parte de la industria de la imprenta, ni que los libros muy pronto incluyeron grabados como decoración.

Johannes Gutenberg (Mainz, Alemania, 1400-1468)

Su nombre verdadero era Johannes Gensfleisch zur Laden. Durante la primera parte de su vida ejerció el oficio de orfebre y acuñador de monedas, lo que le permitió aprender sobre manipulación de metales. Tras un clima político inestable en Maguncia, se marchó a Estrasburgo, pero retornó años después a su ciudad natal. Una vez allí, adquirió varios créditos y formó sociedades con el fin de establecer una imprenta en su propia casa. Fue allí donde empezó a usar su innovación, que consistía, en términos generales, en el moldeamiento de tipos móviles metálicos para imprimir. Hacia 1455, la obra más conocida de Gutenberg —la Biblia de 42 líneas— se terminó de imprimir en latín, aunque al parecer Gutenberg había sido excluido ya para ese entonces de la sociedad que llevó a cabo este proyecto, por estar atrasado con sus acreedores. Si bien se asocia el nombre de Gutenberg con la aparición de la imprenta, este artefacto ya formaba parte de una larga tradición que se remonta hasta la China del siglo IX. Así, el trabajo de Gutenberg podría catalogarse mejor como una innovación que permitió una notoria expansión de libros impresos en Europa. Gutenberg murió a los 68 años en su ciudad natal.

Para entender esta transformación es oportuno recordar los rasgos más importantes de la historia de las primeras formas de impresión. No es tan obvio encontrar un punto de partida, un punto cero para describir la revolución de la imprenta. Podríamos remontarnos al año 5000 a. C. o a la invención del alfabeto en el año 2000 a. C. En China y Japón desde el siglo VIII, o antes, ya había imprentas que usaban la "impresión en bloque", en las cuales una plancha de madera tallada era utilizada para imprimir una sola página de un texto o un grabado. Este parece haber sido un método útil para imprimir una sola imagen o textos en formas de escritura que cuenta con miles de ideogramas, pero tal vez no tanto para una escritura con un

alfabeto de veinte o treinta caracteres. También fue conocida en Oriente la impresión de tipos móviles, pero su impacto fue mucho más visible en la Europa occidental a partir del siglo XV. Sin lugar a dudas desde el año 1450 el libro, y la comunicación por medio de textos impresos, se convirtió en un fenómeno distinto y con consecuencias enormes sobre la cultura y la ciencia modernas.

El uso de pergamino y de pieles de animales hizo que los textos duraran más que en el papiro, y los códices o libros ensamblados utilizaron más pieles que papel. Las de oveja, cabra, res y conejo fueron las más comunes. El uso del papel se introdujo del mundo árabe a España y Sicilia en los siglos X y XI, y se produjo a nivel comercial en Europa occidental desde el siglo XIII.

Cuando nos ocupamos de los monasterios, mencionamos la importante función de los *scriptoria*, que casi siempre estaban vinculados a un monasterio o a una catedral y que albergaban grupos de escribas que trabajaban en la copia de textos. Con la consolidación de las universidades de París, Bolonia, Montpellier, Oxford y Cambridge, en los siglos XII y XIII, la copia y la transcripción de libros se convirtió en una necesidad para estas instituciones educativas. Escribas profesionales se dedicaron a suplir con textos a los estudiantes gracias al sistema de *pecia*, tipos de bibliotecas, con permiso de las universidades para prestar o alquilar partes de un libro. De manera que ya desde antes existía un mercado de textos para el cual la imprenta resolvería una necesidad existente y con la nueva tecnología se aceleraría la producción y se estimularía la expansión de un robusto mercado.

La impresión de grabados precedió a la de libros por varias décadas. En un comienzo tuvieron un éxito particular pequeñas hojas con imágenes de santos acompañados de oraciones que se repartían entre los feligreses. El método era, en principio, bastante simple: se tallaban sobre madera las líneas, figuras o letras que se querían imprimir, las cuales debían sobresalir de la superficie para que a manera de sellos se trasladaran al papel. La xilografía o el grabado en madera permitió repetir una misma imagen innumerables veces hasta que el molde se desgastaba. El grabado en madera y en cobre se extendió rápidamente por toda Europa, y fue un medio muy efectivo para la circulación de obras de arte, antes confinadas a sus lugares de producción y a los salones o iglesias de sus patronos[70].

Los textos de carácter "científico" sobre filosofía, matemáticas, astronomía, cosmología, medicina, historia natural, astronomía, como hemos visto, llegaron a la Europa cristiana gracias a las traducciones árabes de las obras de los autores griegos, las cuales fueron, a su vez, traducidas al latín de forma gradual. Los textos y autores a los que hicimos alusión en nuestros comentarios sobre la universidad medieval, la obra de Aristóteles, la geometría de Euclides, la historia natural de Plinio, la astronomía de Ptolomeo, la obra de

[70] Ernst Gombrich, *Historia del arte*, 4.ª ed. (Madrid: Alianza Editorial, 1982), 231.

Galeno o las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla, los tratados de los padres de la Iglesia y la Biblia son algunos ejemplos de los textos y autores que para la llegada de la imprenta ya tenían una demanda a lo largo de la Europa cristiana.

La circulación de ideas en el mundo del conocimiento occidental antes de la imprenta dependía ya en gran parte del material escrito y de la difusión de textos en los círculos de educación formal que, como seguiría ocurriendo después de la imprenta, combinaba la discusión y transmisión oral con la lectura, la venta y los préstamos de libros o partes de estos. El proceso de enseñanza, entonces, nos resulta bastante familiar. Al igual que hoy, suponía la explicación y el análisis de textos escritos. Es decir, los textos solían requerir, para su exitosa difusión, de explicaciones orales, ilustraciones y debates, como los que vienen teniendo lugar en los salones de clase desde los orígenes de la universidad cristiana y que replicamos de manera no muy distinta en las escuelas y universidades del siglo XXI. Es importante entonces no perder de vista que los códices y los libros desempeñaron un papel definitivo en la preservación y difusión del conocimiento antes y después de la imprenta[71].

La importancia de Gutenberg no radica en haber sido el inventor de la imprenta, sino en haber podido darle nuevos usos en un momento y lugar adecuados, en un contexto en el que se demandaban cada vez más materiales escritos. En apariencia simple, la innovación de Gutenberg, como ya se dijo, fue crear múltiples letras metálicas individuales que se podían intercambiar. Antes de él, muchos habían diseñado placas metálicas enteras que al ser presionadas sobre papel u otros materiales producían imágenes de una página entera. Gutenberg rompería este proceso en partes. Al crear letras intercambiables facilitó el proceso de impresión haciéndolo mucho más rápido y económico. El códice, los libros manuscritos y el libro moderno impreso sobre papel tienen una estructura material similar; la diferencia radica más en la velocidad de reproducción y en la cantidad de ejemplares de un mismo texto o imagen que se ponen en circulación.

Desde Alemania, la imprenta se difundió rápidamente al resto de Europa, y para el año 1500 ya había más de 250 imprentas funcionando en el continente, un buen número de ellas en Italia. Para esta fecha se habían hecho alrededor de veintisiete mil títulos y había en circulación unos trece millones de libros, en una Europa que tendría unos cien millones de habitantes. Entre 1500 y 1600, la población se había duplicado, mientras que el número de publicaciones había crecido unas quince veces[72].

[71] Véase Rosamond McKitterick, "Books and Sciences Before Print", en Marina Frasca-Spada y Nick Jardine, *Books and the Sciences in History* (Cambridge: Cambridge University Press, 2000), 13-34.

[72] Asa Briggs y Peter Burke, *De Gutenberg a Internet: Una historia social de los medios de comunicación*, traducido por Marco Aurelio Galmarini (Madrid: Taurus, 2002), 27-28.

Si durante la Edad Media, podríamos decir, hubo cierta carencia de libros, en el siglo XVI el problema fue su proliferación. No había tiempo para leer la cantidad de libros que circulaban en el comercio y se generó la sensación de agobio en un mar de información. Se requirieron entonces nuevos métodos de administración de la información. A medida que se multiplicaban los libros, crecieron las bibliotecas y librerías; fueron necesarios entonces catálogos, índices y sistemas de clasificación.

Los códices, los manuscritos y el libro moderno han desempeñado un papel fundamental en la cultura moderna que se ha mantenido por siglos. Solo hasta el siglo XXI, con la irrupción del mundo digital, vemos un cambio en las formas tradicionales de difusión del conocimiento. Muy seguramente el libro impreso no se rendirá ante el mundo digital, pero deberá convivir con formas de comunicación nuevas, que como la imprenta, tendrán consecuencias considerables sobre la historia de la verdad.

Volviendo al siglo XVI, después de Gutenberg aparecieron sucesivas innovaciones tecnológicas que hicieron de la imprenta un actor cada vez más poderoso. Estas fueron adecuadas para la impresión de mapas y carteles de gran tamaño. Las imprentas mecánicas, a vapor y más tarde eléctricas hicieron que el proceso fuera muy veloz y con costos muy bajos, lo que condujo a que se inundara de textos el mundo moderno.

Elizabeth Eisenstein argumenta que la función de la imprenta fue determinante, y una condición necesaria para que existiera lo que hoy entendemos como ciencia moderna. El punto central reside en el potencial de la imprenta para producir múltiples impresiones idénticas de una misma imagen o texto. Centenares y en ocasiones miles de copias de una misma imagen o un mismo texto en papel tuvieron un efecto definitivo sobre el conocimiento. La difusión de datos idénticos, presentados de la misma manera a un público hasta entonces aislado cultural y geográficamente, permitió que el conocimiento evolucionara tal y como lo entendemos hoy. En los acápites que siguen haremos evidente este argumento para el desarrollo de la historia natural, la cartografía, la anatomía y la astronomía.

La imprenta puso en marcha procesos de estandarización, preservación y acumulación del conocimiento, que en formas de comunicación oral o manuscrita resultan mucho más fluidos e inestables. La anatomía, por ejemplo, como la entendemos hoy, solo es posible en la medida en que los estudiantes y profesores de medicina comparten un mismo lenguaje y una forma de entender y representar el cuerpo humano. Múltiples copias de un tratado o un dibujo, la consecuente lectura de un mismo texto por muchos lectores y la recopilación de diversas opiniones sobre un tema particular facilitan el debate y el desarrollo de una cultura crítica dentro de comunidades cada vez más amplias[73].

[73] Eisenstein, *The Printing Revolution*.

IMAGEN XII.61. Nave de los locos, *Sebastian Brant, 1494*

FUENTE: "Stultifera navis", *The Internet Archive*, última modificación 25 de octubre del 2014, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/8QyU9x.

Un libro o un artículo en una publicación periódica con múltiples lectores tiene ahora un público y una recepción distinta. No es un episodio menor que las sociedades científicas del siglo XVII que estudiaremos más adelante, como la Real Sociedad de Londres, o las distintas academias de ciencias contaran con sus propias imprentas y sus propias publicaciones periódicas. Las publicaciones seriadas especializadas —como bien sabemos quienes formamos parte del mundo académico y científico— son hasta el día de hoy los principales medios de difusión del conocimiento. Esto no quiere decir que la aparición de la imprenta condujera a la desaparición de otros medios de comunicación, sino, más bien, que distintos medios de comunicación, como los manuscritos o la comunicación oral, comenzaron a interactuar con los materiales impresos; así como hoy subsisten e interactúan formas de comunicación orales e impresas, en las que se usan diversos medios, como la radio, la televisión, el cine o Internet.

No es posible otorgarle a la imprenta una importancia determinante por fuera del contexto cultural y social que condujo a su desarrollo y su impacto. Las visiones de un determinismo tecnológico, que vieron en la imprenta un agente desencadenador de cambios sociales, deben explicarse en el contexto preciso en el que tuvo lugar la revolución de la imprenta[74]. Para empezar, el

[74] Para una detallada historia cultural del libro en la temprana modernidad véase Johns, *The Nature of the Book*.

éxito de la industria editorial se dio en el marco de una creciente demanda de materiales escritos. En Rusia y en el mundo cristiano ortodoxo, por ejemplo, la penetración de la imprenta, con máquinas similares, fue notoriamente más lenta. Como hemos dicho, en Oriente ya se conocía la imprenta desde varios siglos antes de Gutenberg, pero su impacto nunca fue el que se dio en la Europa moderna. Lo anterior nos muestra que la revolución de la imprenta no se puede reducir a un problema de innovación tecnológica.

La imprenta llegó para suplir las demandas de un creciente mercado e hizo del oficio de la impresión un negocio rentable. Los libros impresos fueron al principio objetos costosos, muchas veces requirieron de un solisticado trabajo de empastado y decoración con materiales y mano de obra sofisticada y costosa. La imprenta promovió un mercado en el que los libros fueron vistos como objetos de arte con una estética compleja y apetecida, de modo similar a la posesión de pinturas o de objetos exóticos[75]. La imprenta y la consecuente reducción de costos de producción que se dio con el tiempo también hicieron posible la expansión del mercado a grupos sociales menos privilegiados y ávidos por tener libros propios. La posesión de libros, fueran ediciones de lujo o no, se convirtió en una necesidad y en una forma de ser parte de una sociedad virtuosa y educada.

De manera que los libros no escaparon del creciente consumismo y afán de acumulación de posesiones que marcó a varias generaciones del Renacimiento europeo, y para el temprano siglo XVI ya era una industria robusta con millones de ejemplares en circulación. Una consecuencia importante de la imprenta fue el interés y la participación de empresarios en la difusión del conocimiento y en la producción de libros o periódicos; es decir, la información y la difusión del conocimiento se convirtió desde entonces en un negocio rentable. La Biblia, por ejemplo, fue una mercancía con una alta demanda. Con estos nuevos empresarios del conocimiento también apareció la noción de *copyright* y de los derechos de publicación. Fenómeno de interés fue la aparición de la idea de propiedad intelectual; que surgió como respuesta al consumo y a la expansión de la imprenta. En estrecha relación con lo anterior, también se consolidó la idea de *autor*, puesto que gracias a la escritura fue posible alcanzar la fama individual de una manera que no se había visto durante la Edad Media.

Los periódicos, por su lado, hicieron de la información un bien comercial y una necesidad —y en el siglo XVII aparecería la publicidad en forma de anuncios en ellos—. Desde luego que la imprenta también generó nuevos empleos y oficios. Aunque durante un tiempo hubo trabajo tanto para los escribas como para los impresores, el rápido desarrollo de las técnicas de impresión condujo a que para principios del siglo XVI la técnica de caligrafía desaparecería gradualmente. La rápida producción de obras a bajos costos y

[75] Véase Jardine, *Worldly Goods*, 133-180.

con una calidad similar a aquella lograda por la escritura y la pintura a mano aseguró el éxito de estos nuevos artesanos, quienes denominaron su trabajo "el arte de la escritura artificial".

La imprenta facilitó la emergencia de nuevos estilos de lectura. Empezando porque los libros adquirieron un formato particular: capítulos, párrafos, referencias bibliográficas e índices. Un lector moderno está familiarizado con ciertas estructuras de los textos que determinan una manera particular de leer y de conocer. Los resúmenes, las reseñas, las notas a pie de página, las citas forman parte de nuestro modo de adquirir conocimiento. Como consecuencia de la expansión del libro y de libros llamados *de bolsillo* aparece la lectura privada como entretenimiento o como instrucción.

Si bien durante la Edad Media la comunicación escrita, con pocas excepciones, se realizaba en latín, a menudo se asocia la imprenta con el uso de las lenguas nacionales o vernáculas de Europa, y no hay duda de que esta contribuyó a una mayor estandarización y consolidación de lenguas locales. La Biblia empezó a circular en alemán y en otros idiomas, pero no es el único ejemplo. El uso de sus lenguas maternas por parte de autores tan importantes como Paracelso, o el hecho de que Galileo escribiera en italiano, y, en general, se emplearan lenguas distintas al latín es otro fenómeno que se ha relacionado con la idea de la revolución científica del Renacimiento.

Uno de los temas más comentados sobre la aparición de la imprenta es su contribución a transformar una tradición oral en una visual. Tanto el libro como la pintura tienen una larga historia mucho antes de la aparición de la imprenta moderna, pero la llegada de esta generó un impacto notable tanto sobre las artes visuales como sobre la literatura. Es importante recordar que las grandes obras pictóricas que hoy vemos en bellas reproducciones, en libros o carteles y de manera ilimitada en las pantallas de computadores gracias a Internet eran en muchas ocasiones confinadas a un solo lugar, como un templo o espacios privados. El grabado y la multiplicación de imágenes se convirtieron en un poderoso mecanismo de comunicación que fortaleció la penetración de la cultura occidental en otros lugares. Los grabados de santos e imágenes religiosas, por ejemplo, constituyeron un fuerte y novedoso instrumento de difusión religiosa. Las imágenes que circulaban en Europa del Nuevo Mundo fueron el resultado, en gran parte, de la literatura de los viajeros; pero también los grabados de, por nombrar un caso, indios casi desnudos, emplumados y comiendo carne humana, tuvieron un gran impacto en los imaginarios europeos sobre América.

Los medios de comunicación han sido descritos por algunos autores como el sistema nervioso de los gobiernos y como poderosos instrumentos de control. La imprenta contribuyó a la conformación de un público letrado mucho más amplio y favoreció la circulación de información y conocimientos a un número creciente de personas. Además, es necesario recordar que la mayoría de las imprentas en la temprana modernidad tuvo un carácter oficial, y

desde un comienzo existió una censura que aprobaba los materiales que podían circular. La imprenta fue también un instrumento poderoso de control al permitir la difusión masiva de doctrinas, normas, leyes y edictos, lo cual hace de la imprenta un importante actor en la historia política.

El impacto de estas nuevas tecnologías es innegable, pero para entender el fenómeno de la imprenta es entonces necesario examinar qué se imprimió, quién lo hizo y cuál fue su público[76]. Este será en parte el propósito de los próximos capítulos de este libro.

[76] Johns, *The Nature of the Book*.

Capítulo XIII

EL MICROCOSMOS: EL CUERPO HUMANO Y LA MEDICINA DEL RENACIMIENTO

La idea del cuerpo humano como un microcosmos tiene una larga historia que se remonta a la antigua Grecia con la medicina hipocrática. Más adelante, Platón lo planteó con claridad en el *Timeo*. Galeno retomó la idea del cuerpo humano como la creación de un demiurgo que diseñó un cosmos en el cual el cuerpo humano era la mayor muestra de su inteligencia y poder. Tiempo después, la misma idea de macro y microcosmos fue fundamental para la tradición hermética, al igual que para varios autores del temprano Renacimiento como Leonardo y Paracelso.

El surgimiento del pensamiento médico moderno fue un proceso largo que no solo debió romper con una tradición que se había mantenido durante muchos años, sino que necesitó de un contexto cultural diferente que permitió una forma distinta de entender la naturaleza humana. A pesar de la importancia de la medicina árabe y las ideas de médicos como Paracelso, las teorías dominantes sobre el cuerpo humano en el mundo cristiano fueron galénicas, y para finales del siglo XV estas eran todavía la principal fuente en el estudio de la medicina. A lo largo del presente capítulo estudiaremos dos personajes que nos permiten entender cambios mayores en la concepción del cuerpo humano y que fueron definitivos en la historia de la medicina moderna: Andreas Vesalio y William Harvey.

Respecto al cuerpo humano, en la Europa cristiana existía la convicción de que este no podía ser ultrajado bajo ningún pretexto que no fuese la pena de muerte o los castigos por herejía, pues tanto el alma como el cuerpo eran creaciones divinas cuyos destinos estaban regidos únicamente por los designios de Dios. Si bien el universo cristiano en algunos casos imponía restricciones, la ciencia de la anatomía pudo cultivarse con el auspicio de la Iglesia, que permitió que los cadáveres de los condenados a muerte fueran utilizados como material de disección pública, en la que los anatomistas extraían las partes y las nombraban con el fin de identificarlas y contabilizarlas. La Iglesia accedió considerando que esta disección constituía un último castigo para el condenado, quien, después de la operación, debía recibir una santa sepultura[1]. No obstante, muy cerca de la cosmovisión cristiana, los

[1] Roy Porter, *Breve historia de la medicina: De la Antigüedad hasta nuestros días* (Ciudad de México: Taurus, 2004), 99.

artistas, los científicos y los humanistas empezaron a reavivar el interés por el estudio directo del mundo natural. Las confrontaciones con Aristóteles, con Platón o con Galeno constituyeron una fuente de trabajo ineludible que, a su vez, celebraba el interés de los antiguos por el conocimiento del mundo en niveles macro y micro.

Desde mucho tiempo atrás, el afán por conocer el interior del cuerpo humano había estado presente en Europa. Se tiene noticia de que ciertas escuelas, como la de los médicos de Alejandría, realizaban disecciones para nombrar las partes internas del cuerpo humano. Herófilo de Calcedonia (330-260 a. C.) hizo disecciones en las que identificó la próstata, el duodeno (que significa en latín "doce dedos", la longitud del intestino) y algunos nervios[2]. También Galeno (130-200 a. C.) basó su trabajo en las disecciones; pero por razones religiosas, relacionadas con la sacralidad del cuerpo humano, estas fueron llevadas a cabo en varios mamíferos, como perros y monos, según el supuesto de que sus cuerpos eran análogos a los humanos y que sus estructuras, partes y funciones coincidían. De estos procedimientos resultaron ideas —hoy extrañas— acerca de la composición y función del hígado que, según cálculos, tenía cinco lóbulos, al igual que las partes del corazón, al que se le atribuía tres ventrículos.

Las traducciones de textos griegos y árabes del siglo XII y los estudios universitarios de medicina hicieron del cuerpo humano un nuevo mundo de preguntas por resolver, cuyas respuestas solo las podría aclarar la anatomía. Parece que las disecciones de cuerpos humanos en el mundo cristiano tuvieron lugar en las universidades italianas del siglo XIII, de manera notable en Bolonia a finales del siglo. La primera disección pública de la que tenemos noticia data del siglo XIV, cerca del año 1315, fue realizada por Mondino de Luzzi, cuyo tratado de anatomía fue la principal fuente a la que los anatomistas del Renacimiento recurrieron para reconocer lo que se presentaba ante ellos como simples vísceras sin forma o función aparente. A partir de Mondino la anatomía empezó a ser fundamental en la formación médica.

Como se mencionó en el acápite sobre la universidad medieval, la formalización de títulos en las facultades de medicina consolidó una tradición médica culta, con marcos teóricos y filosóficos complejos. Los médicos, además de estudiar tratados hipocráticos y galénicos, debían tener una amplia formación en el estudio de las siete artes liberales y, por lo mismo, conocimientos en matemáticas, lógica, gramática, astronomía e historia natural. La práctica médica, sin embargo, nunca le restó importancia a la experiencia ni a la diligente observación del cuerpo humano. En el siglo XIV la disección ya formaba parte de la instrucción médica en algunas universidades; pero tal vez fue el arribo de la imprenta y la aparición de tratados ilustrados en detalle lo que detonó un cambio en la forma como se entendía la anatomía

[2] *Ibid.*, 98.

humana. Así, los artistas con capacidad de poner en dibujos y grabados el detalle de la anatomía desempeñaron un papel definitivo en esta historia.

A lo largo del siglo XVI aparecieron numerosos trabajos de anatomía que incorporaron imágenes de disecciones y descripciones detalladas del funcionamiento de varios órganos. Los más destacados fueron *De humani corporis fabrica* (1543) de Andreas Vesalio y *De motu cordis* (1628) de William Harvey, ambos provenientes de la escuela de Padua. Sus obras constituyen hitos en la historia de la medicina, pero es obvio que no estuvieron solos y es importante reconocer que en el lapso entre una publicación y la otra, las obras de Servetus, Fludd, Falloppio y Paracelso, entre otros, ofrecieron aportes cruciales a la consolidación de la ciencia médica moderna.

En este contexto se puede reconocer uno de los rasgos característicos que marcaron, de cierto modo, el destino de la medicina de Occidente: su interés por tener un conocimiento exhaustivo de cada parte del cuerpo humano dentro de marcos teóricos complejos que entendieran el cuerpo humano dentro de un orden natural mayor, como un *microcosmos*. Esta idea estuvo presente en la medicina clásica griega y romana, pero adquirió una fuerza particular en la obra de Paracelso y en la nueva medicina del Renacimiento.

Andreas Vesalio

Vesalio estudió en París, Bruselas y Padua, donde se estableció como profesor y donde sus ideas empezaron a tomar distancia de las concepciones dominantes sobre el cuerpo humano, fundadas en la tradición galénica.

Andreas Vesalio (Bruselas, Bélgica, 1514-1564)

Reconocido por desarrollar investigaciones pioneras y experimentales de anatomía humana. Realizó estudios de medicina en diferentes ciudades de Europa, como Bruselas, Lovaina, París y Padua. En esta última enseñó durante varios años materias relacionadas con la anatomía y la cirugía. Sus primeros trabajos estuvieron enfocados en las disecciones de cuerpos humanos, es el caso de *Paraphrasis in nonum librum rhazae ad regem almansorem*, publicado en Basilea en 1537, e *Institutiones anatomicae*, publicado en Venecia en 1538. Hacia 1543, Vesalio publicó en Basilea la primera edición de su obra más importante: *De humani corporis fabrica libri septem*, la cual dedicó al rey de la Corona Habsburgo, Carlos V. Allí, Vesalio expuso, con base en sus observaciones, ideas e ilustraciones —sobre los

huesos, nervios, músculos, el sistema circulatorio, entre otros— contrarias a las consignadas por la autoridad médica del momento: el griego Galeno de Pérgamo, que vivió siglos atrás. Más tarde, Vesalio pasó a ser médico imperial al servicio de Carlos V y la corte. En este cargo estuvo presente en varias batallas por Europa como parte del proyecto de expansión imperial de la Corona. Después de que Carlos V abdicó, Vesalio sirvió a su hijo Felipe II. Vesalio murió en la isla griega de Zante, cuando regresaba a Europa de una peregrinación por Tierra Santa.

Uno de los libros ilustrados más notables del siglo XVI es *De humani corporis fabrica* (*Sobre la estructura del cuerpo humano*), publicado en 1543, en el cual se hizo pública una colección única de imágenes y se dio inicio a una nueva forma de estudiar la anatomía humana. El arte del grabado con planchas de madera se había desarrollado notablemente para mediados del siglo

IMAGEN XIII.1. *Vista frontal: los músculos del cuerpo humano, Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica, *1543*

FUENTE: "De humani corporis fabrica (23)", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de junio del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/kL9D.

IMAGEN XIII.2. *La estructura del cuerpo humano. Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica, *1543*

FUENTE: "De humani corporis fabrica (28)", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de junio del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/vPu5.

XVI y, al mismo tiempo, Durero había hecho evidentes las ventajas del grabado con planchas de cobre. *De humani corporis fabrica* es un atlas con 83 grabados sobre madera, que ofrece una completa mirada al esqueleto humano, los músculos, las vísceras y los sistemas circulatorio, nervioso y reproductor. Su primera edición, aunque costosa, se vendió sin problema, lo cual hizo a Vesalio merecedor del título de médico de la corte del emperador Carlos V. Vesalio pronto produjo una versión reducida para estudiantes de medicina, conocida como *Epitome*. Los cuerpos humanos, los cadáveres y la experiencia de las disecciones seguiría siendo privilegio de algunos pocos, pero gracias a la imprenta y a las habilidades de los pintores, esa experiencia directa y fiel de la naturaleza, en este caso del cuerpo humano, fue compartida por muchos en los libros.

Las imágenes buscaban hacerle creer al observador que estaba teniendo una experiencia directa. El realismo se acentuaba con sombras y colores, y en los dibujos se pueden diferenciar capas de tejido y órganos con mucha más claridad que en un cadáver o un cuerpo con vida. Las ilustraciones, al parecer de Jan van Calcar para Vesalio, hacen evidente un complejo trabajo

de selección y construcción. Sin necesidad de ser expertos en anatomía, podemos ver que un cadáver nunca se ve tal y como aparece en las láminas de *De humani corporis fabrica*.

El tratado de Vesalio llama la atención por sus dibujos, pero su trabajo va mucho más allá de las imágenes. Los dibujos están acompañados de textos y sobre las imágenes aparecen letras que tienen referentes textuales, nombres y explicaciones, de manera que las imágenes, para mostrar su contenido, requerían de textos y convenciones. Así, las ilustraciones eran herramientas de persuasión al servicio de formas específicas de entender el cuerpo humano. Llevaban consigo argumentos, no solo eran pinturas de la realidad.

Las ilustraciones de la obra guardan una estrecha relación con los mundos de la pintura y la escultura. Como ya hemos visto, los grandes artistas de esta época, por ejemplo Leonardo, Rafael, Miguel Ángel, Durero, entre otros, son reconocidos por su rigurosa representación de la figura humana. Leonardo realizó disecciones de cuerpos humanos y de algunos mamíferos que quedaron registradas en 750 dibujos que realizó entre 1511 y 1513[3]. Si bien este trabajo no tuvo un impacto directo en la historia de la medicina, su observación y estudio del cuerpo coinciden con el ánimo de los anatomistas y médicos de la época, cuyo interés era alcanzar un conocimiento más preciso y profundo del funcionamiento interno del cuerpo humano. Una vez más, la calidad y el cuidado con que se elaboraban las imágenes nos hacen pensar en el realismo, en fieles pinturas del mundo, en este caso el cuerpo humano, tal y como es. Un realismo que suponía un obstinado cuidado y una evidente intervención.

La anatomía, como se presenta en la obra de Vesalio, más que una teoría es una práctica, un arte manual. El retrato del mismo Vesalio como frontispicio *De humani corporis fabrica* es una señal evidente de la importancia del trabajo manual en el conocimiento anatómico (véase la imagen XIII.4.). Las ilustraciones impresas fueron de gran ayuda, pero su función era guiar al estudiante de anatomía durante las disecciones. Si bien Vesalio defendió las imágenes como una fuente de conocimiento, "No hay duda de que las imágenes ayudan a una mejor comprensión y muestran con mayor claridad lo que los textos, no importa qué tan explícito intentan describir"[4], fue marcada su insistencia sobre la necesidad del contacto directo. Al igual que Galeno, Vesalio les exigía a sus estudiantes hacer disecciones con sus propias manos[5].

[3] Roy Porter, *The Cambridge Illustrated History of Medicine* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), 154.

[4] "Illustrations greatly assist the understanding, for they place more clearly before the eyes what the text, no matter how explicitly describes". Citado en Long, *Artisian/Practitioners*, 59. Traducción propia.

[5] *Ibid.*, 58.

IMAGEN XIII.3. *Portada de* De humani corporis fabrica, *Andreas Vesalio, 1543*

FUENTE: "De humani corporis fabrica (16)", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de junio del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/tDPm.

De humani corporis fabrica se compone de una colección única de detalladas ilustraciones anatómicas[6], pero no ofrecen grandes descubrimientos en el campo de la anatomía. Más bien, la actitud y la vocación de Vesalio por la constatación y experimentación, como práctica principal del médico y del anatomista, crearon el ambiente propicio para las nuevas generaciones que realizaron descubrimientos notables.

Con Vesalio como antecesor, a lo largo del siglo XVI se dieron numerosos aportes en el campo de la anatomía. Hay que tener en cuenta el nombre de Gabriele Falloppio, quien, siendo discípulo de Vesalio, en 1561 publicó un estudio sobre el cráneo, los oídos y el aparato reproductor femenino. Falloppio mostró el camino para que, dos siglos más tarde, se precisara que las trompas

[6] Cuyo autor no ha sido confirmado, pero pudo ser Tiziano Vecelli o Jan van Calcar.

IMAGEN XIII.4. *Autorretrato, Andreas Vesalio,*
De humani corporis fabrica, *1543*

El retrato de Vesalio de 1543 es una muestra explícita de cómo la nueva anatomía suponía un contacto directo con el cuerpo humano, allí vemos a Vesalio exhibir con sus propias manos estructuras musculares de un brazo humano.

FUENTE: "De humani corporis fabrica (15)", *Wikimedia Commons*, última modificación 30 de junio del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/bmfG.

de Falloppio transportaban los óvulos al útero. Por su parte, Girolamo Fabrizi, también estudiante de Padua, identificó en 1603 las válvulas venosas. A partir de su trabajo, William Harvey tuvo acceso a un conocimiento más profundo del sistema circulatorio, el cual fue fundamental para la consecución de su investigación acerca del funcionamiento del corazón, las arterias y las venas[7].

La espectacularidad de las disecciones también fue un rasgo notorio de la manera como se realizaban las prácticas médicas en el Renacimiento. Un público numeroso asistía a las sesiones en las que un maestro recitaba las partes que se extraían de un cuerpo, de acuerdo con las ideas galénicas predominantes, sin que los asistentes pudiesen tocarlas o acercarse demasiado a ellas. En la portada de *De humani corporis fabrica* de Vesalio podemos observar la escena de una lección de anatomía, en la cual Vesalio muestra a sus estudiantes partes de la anatomía humana directamente sobre un cadáver.

[7] Harold Cook, "Medicine", en Park y Daston, *The Cambridge History*, 425.

IMAGEN XIII.5. La lección de anatomía del profesor Tulp, *Rembrandt, 1632, The Royal Picture Gallery of Mauritshuis*

FUENTE: "Reinbrandt Harmensz. van Rijn 007", *Wikimedia Commons*, última modificación 6 de noviembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/543MZa.

No es accidental que la escena de una lección de anatomía sea recurrente en la pintura. Una de las más notables representaciones de cirujanos en acción es el famoso cuadro de Rembrandt, *La lección de anatomía del profesor Tulp*, de 1632, en el que aparece un grupo de cirujanos que escucha a su maestro, observa una disección y corrobora lo visto en un gran libro. En el extremo derecho inferior se aprecia un libro abierto, posiblemente *De humani corporis fabrica*, y es claro que los estudiantes intentan ver en el cadáver lo que está en el libro.

WILLIAM HARVEY

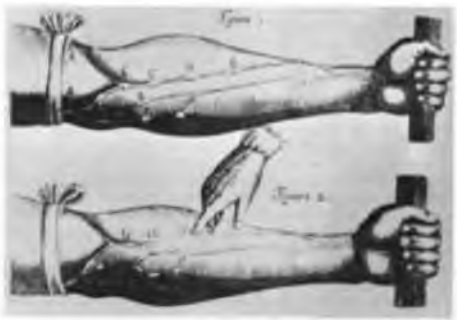
Es evidente que el estudio anatómico del cuerpo humano que estaba creciendo de manera vertiginosa en el siglo XVI, en especial en Italia, marcó la obra de William Harvey. El salario y el status de los profesores de anatomía habían aumentado a lo largo del siglo, y cada vez más universidades solicitaban sus servicios. Para finales del siglo, los anatomistas argumentaban que la práctica de la anatomía, no de la filosofía, proveía la verdadera base del estudio de la medicina. Padua se convirtió en el centro más importante de investigación anatómica y, como era de esperarse, estas ideas llegaron a Harvey, quien dedicó el resto de su vida a esta forma de conocer el cuerpo humano.

Como médico de la Corona, Harvey tuvo la oportunidad de trabajar con diversos animales, tanto muertos como vivos, sobre los cuales hizo múltiples observaciones, disecciones y experimentos. En este contexto, la idea de *autopsia* —ver de manera directa con los propios ojos— cobró un sentido especial. La anatomía solo se puede aprender por medio de esta experiencia directa, con ojos y manos sobre cuerpos vivos y muertos.

Pero antes de explicar el trabajo de Harvey, será útil hacer una breve descripción de las ideas que se tenían en ese momento sobre el funcionamiento de la sangre y el corazón. Para Galeno (véase el capítulo V) no existía posibilidad alguna de que la sangre circulara por el cuerpo humano. Él creía que la sangre venosa era la forma de alimento que usaban los distintos órganos del cuerpo y que era traída desde el hígado, el órgano que la creaba cada vez que algún otro órgano la necesitaba. Como lo mencionamos en la sección sobre el islam (véase le capítulo VIII), la medicina árabe, en particular el trabajo de Ibn al-Nafis en el siglo XIII, ya había señalado los vacíos de la teorías galénicas sobre la sangre.

En el mundo cristiano, no obstante, hasta el siglo XVI era una creencia bastante común que las venas, cuya función era transportar la sangre por todo el cuerpo, provenían del hígado, y que las arterias tenían su origen en el corazón. La sangre se formaba en el hígado y salía de allí en dirección al ventrículo derecho del corazón. Desde ahí la sangre, se creía, tomaba dos caminos: hacía los pulmones y hacia el ventrículo izquierdo del corazón. En esta última zona la sangre se mezclaba con el aire y seguía su ruta hacia los demás tejidos.

IMAGEN XIII.6. Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, *William Harvey, 1628*



FUENTE: "William Harvey (1578-1657) Venenbild", *Wikimedia Commons*, última modificación 1.º de agosto del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/8xSNJi.

William Harvey (Folkestone, Inglaterra, 1578-1657)

Médico, reconocido por haber defendido de manera pionera la tesis según la cual la sangre circula por el cuerpo y, contrario a la idea galénica, no es consumida por este. Harvey, muy joven, realizó estudios en la Universidad de Cambridge. Luego de ello se dirigió a Padua a continuar sus estudios de medicina. Padua era uno de los centros de estudio sobre medicina más importantes de toda Europa. Allí conoció a su maestro Girolamo Fabrizi, un renombrado anatomista, conocedor del trabajo de Vesalio. Fabrizi le ayudó a Harvey en sus estudios sobre el movimiento de la sangre. Después de esto, Harvey volvió a Inglaterra, donde contrajo matrimonio con la hija del médico personal del rey Jacobo I. Por esta época, Harvey enseñó durante varios años lecciones de anatomía y medicina, al tiempo que continuó con sus estudios sobre el flujo de la sangre. Hacia 1628 publicó su obra más importante: *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*. Allí expuso, con un fundamento empírico, el sistema circulatorio de la sangre, la cual, según él, era bombeada por el corazón hacia todas las partes del cuerpo. Aunque Harvey vivió durante un periodo de convulsión política en Inglaterra, su cercanía con el poder real le permitió tener una relativa estabilidad en sus trabajos y la oportunidad de ejercer altos cargos públicos. Murió en Londres a los 79 años.

En 1574, mucho antes de que Harvey llegara a Padua, Fabrizi había notado que las venas de los diferentes miembros del cuerpo humano tenían unas pequeñas válvulas que obligaban a la sangre a fluir en un solo sentido. Esta idea marcó a Harvey, quien la tendría presente en sus estudios posteriores. El segundo personaje que tuvo una importancia vital en su desarrollo fue Realdo Colombo (1510-1559). Cuando Harvey estudió sus obras, encontró allí las dos ideas que le faltaban para terminar de construir su esquema cardiovascular. En primer lugar, Colombo insistía en que la sangre pasaba del ventrículo derecho del corazón al izquierdo por medio de los pulmones; en segundo lugar, Colombo hizo una excelente y precisa descripción del funcionamiento del corazón explicando que cuando este se expande, las arterias se comprimen, y que cuando las arterias se dilatan, el corazón se comprime. Cuando Harvey unió las teorías de Colombo y Fabrizi, influenciado por la nueva filosofía mecánica, empezó a ver el corazón como una bomba que ayudaba a que la sangre llegara de manera apropiada a todos los órganos del cuerpo.

En 1603, siendo aún estudiante en Italia, Harvey aseguró que el movimiento de la sangre era continuo y sucedía gracias a las pulsaciones cardiacas.

Propuso que el corazón funciona como otros músculos del cuerpo y que mediante los ventrículos expulsa la sangre en las contracciones sistólicas. De este modo se generaba, también, el pulso y movimiento en las arterias gracias a los latidos cardiacos. La manera como Harvey entendió el funcionamiento del cuerpo humano no solo sentó las bases de la fisiología moderna sino que nos enseñó sobre la ciencia de su tiempo.

En 1628 William Harvey publicó una pequeña obra titulada *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (*El movimiento del corazón y la sangre en los animales*), en ella propuso una forma de entender la circulación de la sangre que tomaba distancia con la tradicional concepción de Galeno, para quien las venas y las arterias constituían sistemas independientes. Para Harvey, por el contrario, las venas y las arterias formaban parte de un único sistema unificado. El contenido de esta obra se considera hoy en día uno de los grandes triunfos de la ciencia del siglo XVII, así como un importante paso en el rompimiento con la tradición aristotélica.

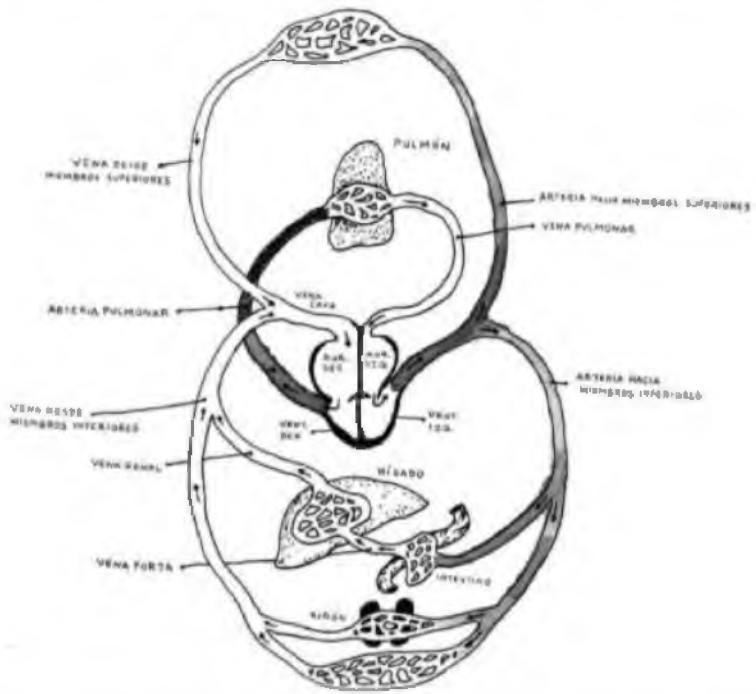
William Harvey fue uno de los que se maravilló al usar lentes de aumento para descubrir estructuras nunca antes vistas, al observar, por ejemplo, los latidos del corazón de insectos, como abejas y moscas[8]. El valor de las observaciones microscópicas de Harvey en su trabajo reside en la corroboración de su tesis de la circulación de la sangre en los animales, sin importar su tamaño. Más tarde, Marcello Malpighi, con el microscopio, haría observaciones de diminutos vasos sanguíneos en los pulmones que conectan las venas con las arterias, confirmando la tesis de la circulación de Harvey.

Resulta también interesante que se haya referido al corazón como el sol del microcosmos. En los últimos capítulos de su obra, Harvey dedicó muchas líneas a la exaltación del corazón. Al respecto manifestó ideas como, por ejemplo, que "Es el punto de inicio de la vida y el sol de nuestro microcosmos", "Es la fuente de nuestro calor". Asimismo, afirma que la sangre, una vez ha dado vida a las partes del cuerpo, vuelve al corazón a retomar su perfección inicial, la cual logra por medio del calor que este le brinda. Dicho tipo de afirmaciones, y el otorgarle al corazón un propósito específico, son ideas aristotélicas, que quizá lo llevaron a que se concentrara en el corazón y no en otro órgano del cuerpo. Aun así, llama la atención que Harvey dejara claro que el propósito que hallaba en la circulación era que la sangre retornara al corazón para perfeccionarse.

En tiempos de Harvey, el debate sobre la nueva cosmología copernicana ya tenía defensores importantes, como Galileo. Es tentador pensar que existe una conexión entre la idea de la circulación de la sangre con el corazón como centro y la teoría heliocéntrica de Copérnico. Galileo fue profesor en Padua cuando Harvey era estudiante, pero al parecer ninguno de sus alumnos era estudiante de medicina y, en todo caso, en esa época Galileo todavía

[8] Jardine, *Ingenious Pursuits*, 110-111.

IMAGEN XIII.7. *La circulación de la sangre según William Harvey*



Para Harvey el corazón es el centro de un sistema en el cual la sangre viaja por las arterias a los miembros superiores e inferiores, para luego retornar por las venas al corazón, donde la sangre se perfecciona una y otra vez para mantener con vida el cuerpo humano.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

enseñaba el sistema ptolemaico. De cualquier manera es posible que Harvey hubiera tenido conocimiento de las teorías de Copérnico en los primeros años del siglo XVII.

Además, se refirió al corazón como una bomba, lo que podría resultar familiar al lenguaje con el cual Kepler describió las funciones del Sol e incluso cercano a la filosofía mecánica.

> Este órgano, debemos reconocer, es el punto de partida de la vida y el sol del microcosmos, así como el Sol es el corazón del mundo. Gracias a los vigorosos latidos del corazón la sangre se mueve, perfecciona, activa y protege de males y

> de coagulación. El corazón es la divinidad tutelar del cuerpo, la base de la vida, la fuente de todas las cosas, cumple su función de alimentar, calentar y activar la totalidad del cuerpo[9].

Por otro lado, Harvey notó que la cantidad de sangre que el corazón puede bombear en un día supera varias decenas de litros y le resultó inconcebible, contra el modelo galénico, que el cuerpo pudiera absorberla y sustituirla por nueva sangre proveniente del hígado. Aunque, como hemos visto, la influencia teórica no puede dejarse de lado, Harvey dio mucha importancia a un argumento de tipo cuantitativo, e hizo una gran cantidad de experimentos con los cuales buscó mostrar cómo demasiada sangre dejaba el corazón en un momento dado como para que esta pudiera ser usada por todo el cuerpo y ser reemplazada por la sangre que se crearía en el hígado, tal y como afirmaban los seguidores de Galeno. Para Harvey, la única explicación debía ser que la sangre fluye de manera constante en un círculo, pues, de otra forma, las arterias explotarían debido a la presión causada por la cantidad de sangre:

> [...] cuando he considerado con atención la cantidad de sangre que circula y el poco tiempo que toma su transferencia, he notado que los líquidos de la comida que ingerimos no podrían suplir esta cantidad sin que nuestras venas se vaciaran por completo y las arterias, por su parte, se reventarían por el exceso de sangre que reciben, a menos que de alguna manera la sangre retornara de las arterias a las venas y regresara así al ventrículo derecho del corazón; y comencé a preguntarme si esta no tendría un movimiento en una especie de círculo[10].

Como era de esperarse, las ideas de Harvey no fueron aceptadas de manera inmediata. Los médicos galénicos se mantuvieron firmes en su posición e incluso el mismo Descartes, en su *Discurso del método*, y a partir de la filosofía mecánica, expresó su desacuerdo con el funcionamiento del corazón

[9] "This organ deserves to be styled the starting point of life and the sun of our microcosm just as much as the sun deserves to be styled the heart of the world. For it is by the heart's vigorous beat that the blood is moved, perfected, activated, and protected from injury and coagulation. The heart is the tutelary deity of the body, the basis of life, the source of all things, carrying out its function of nourishing, warming and activating the body as a whole". William Harvey, *The Circulation of the Blood*, traducido por Kenneth Franklin (Londres: Everyman, 1990), 46-47. Traducción propia.

[10] "[...] when I meditated even further on the amount, i. e. of transmitted blood, and the very short time it took for its transfer, and I also noticed that the juice of the ingested food could not supply this amount without our having veins, on the one hand, completely emptied and the arteries, on the other hand, brought to bursting through excessive in thrust of blood, unless the blood somehow flowed back again from the arteries into the veins and returned to the right ventricle of the heart; and I began to wonder whether it had a movement, as it were, in a circle". Harvey, *The Circulation*, 45-46. Traducción propia.

que proponía Harvey. En parte por el creciente interés por el uso del microscopio, algunas de las ideas de Harvey se hicieron más plausibles, como por ejemplo, haber hecho visible la existencia de los capilares y la conexión entre las arterias y las venas, lo cual antes del uso de lentes de aumento sencillamente no existía para la anatomía. Para la década de 1660, la circulación de la sangre ya se consideraba un hecho, y de ahí en adelante el descubrimiento se convirtió en un orgullo para los ingleses y se mostraría al mundo como uno de los mayores logros de esa nueva ciencia que dejaba atrás las concepciones de los antiguos.

El trabajo de los anatomistas en los siglos XV y XVI condujo a la formulación de los diferentes sistemas de los que está compuesto el cuerpo humano, llevó al análisis e identificación de sus funciones y a examinar y describir cómo se interconectan dentro del cuerpo, por medio de experimentos y observaciones exhaustivas; es decir, de trabajos empíricos muy concretos. Mediante estas prácticas se llegó a una visión del cuerpo como una compleja máquina provista de partes que funcionan en conjunto y que permiten el movimiento y la vida. La filosofía mecánica, promovida por Santorio, Descartes, Hooke, Boyle y Hales, sostuvo la idea de que el cuerpo humano era una máquina provista de "palancas", "ruedas dentadas" y "poleas". Imágenes que eran comparables a las observaciones de Harvey en las que se describían "tuberías" como componentes de una suerte de "sistema hidráulico"[11].

Lo anterior contrasta con la idea escolástica que consideraba la existencia de fuerzas y virtudes, cuyo conocimiento no se basaba ni en el cálculo ni en la experimentación. La generación a la que perteneció Harvey tuvo confianza en que los seres humanos poseían la capacidad de conocer tanto el macrocosmos como el microcosmos por medio de su base material, estudiando con atención y sirviéndose del uso de instrumentos cada vez más potentes.

[11] Porter, *Breve historia*, 112-113.

Capítulo XIV

"Y en el medio de todo permanece el Sol"

En 1543 Nicolás Copérnico (1473-1543) propuso simplificar y sustituir el tradicional modelo cosmológico, transfiriéndole al Sol una serie de roles que se le habían atribuido a la Tierra. El Sol pasaría a ser el centro de las órbitas de los planetas y la Tierra perdería su posición privilegiada para convertirse en un planeta más.

El triunfo de la cosmología copernicana frente al antiguo sistema de Ptolomeo se ha convertido en el símbolo de una gran revolución, que con frecuencia se asocia con el surgimiento de la ciencia moderna. Como ya se ha hecho evidente, no tiene mucho sentido buscar una fecha o un lugar de nacimiento, y menos un único padre, para la ciencia moderna. Lo que no podemos negar o subestimar es que mover la Tierra y al hombre del centro del universo fue un episodio mayor en la historia de la verdad, que merece ser estudiado con atención.

Convencer al mundo de que la Tierra era un planeta más requirió de grandes cambios en el campo de la física y la explicación del movimiento; pero, además, y no menos importante, supuso un cambio en la arraigada concepción del hombre y su posición en el universo. Lo que se nos ha presentado como un espectacular descubrimiento resultado de una revisión minuciosa y técnica de la astronomía clásica se convirtió en el foco de una acalorada polémica en el ámbito de la religión y la filosofía. No vamos a insistir en la tradicional idea de una revolución cosmológica y científica producto de mentes modernas, más racionales, que triunfan sobre el error de los antiguos, pero no hay duda de que la defensa de las teorías copernicanas trajo consigo cambios notables en la historia de la ciencia occidental y debemos explicar cómo fue posible este cambio.

Antes de entrar a estudiar el origen y el desarrollo de esta nueva cosmología es preciso recordar los más importantes conceptos cosmológicos que se manejaban en la época de Copérnico, así como la necesidad de reformar y mejorar el calendario basado en el año solar. El modelo cosmológico del momento era básicamente el mismo que habían desarrollado los griegos desde Aristóteles hasta Ptolomeo, pasando por figuras como Eudoxo de Cnido y Apolonio de Perga. Era un sistema geocéntrico; es decir, la Tierra estaba inmóvil en el centro del universo y la Luna, el Sol, los planetas y las estrellas giraban alrededor de ella. El movimiento errante de los planetas se explicaba a partir de modelos planetarios basados en círculos excéntricos y movimientos

epicíclicos (véase el capítulo IV). Esta concepción cosmológica, para la época de Copérnico, parecía compleja e insuficiente, y sus conceptos básicos se estaban empezando a cuestionar por no coincidir con algunas observaciones astronómicas del momento. Como ya lo vimos, astrónomos árabes mucho antes de Copérnico fueron claros en señalar las deficiencias del modelo de Claudio Ptolomeo y la necesidad de buscar una alternativa era evidente para cualquier astrónomo en tiempos de Nicolás Copérnico.

Nicolás Copérnico

Después de varios años de observación astronómica y de revisiones de los modelos clásicos y de los textos de los comentaristas árabes, Copérnico planteó la idea de que el Sol estaba en el centro del universo. El nuevo sistema se hizo público con la aparición de su obra *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* en 1543, año en el que murió. ¿Cómo fue posible transformar una verdad tan antigua en un error y cómo Copérnico y sus seguidores lograron convencer al mundo de una idea tan difícil y en apariencia absurda? No fue sencillo y muchas décadas pasarían antes de que matemáticos y astrónomos desarrollaran nuevas técnicas e instrumentos que soportaran su idea, y por lo menos transcurriría un siglo antes de que esta ganara aceptación general.

Las implicaciones de este nuevo modelo no solo eran técnicas. Remover a la Tierra del centro del universo supuso sustituir la concepción cosmológica dominante por siglos, según la cual la Tierra y el ser humano ocupaban un lugar central. Sin ir muy lejos, quizá más revolucionario que poner la Tierra en movimiento, de por sí una idea atrevida y difícil, fue el hecho de convertir nuestro mundo en un planeta. Esto contradecía un principio fundamental de la cosmología aristotélica en la que los cielos y la Tierra corresponden a naturalezas y principios físicos distintos. Hacer de la Tierra un planeta entre otros, no solo alteraba la relación entre el hombre y el cosmos, sino que requería de una teoría física distinta.

Incluso más problemáticas —que las ya mencionadas dificultades técnicas y filosóficas—, fueron las de tipo religioso. La reacción de la Iglesia no se hizo esperar. La idea tuvo una gran oposición, tanto cristiana como protestante, que argumentaba que el modelo copernicano contradecía la Biblia. En 1616, 73 años después de la publicación de *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, la Iglesia prohibió la enseñanza de un sistema en el que el Sol fuera el centro del universo.

No es del todo extraño, y es sin duda interesante, que la primera edición de la obra de Copérnico, en 1543, incluyera una introducción con la cual se procuraba aliviar estas tensiones. Allí se planteó que el modelo propuesto era solo una elaboración teórica y que las hipótesis no tenían que ser ni verdaderas ni probables. La introducción no fue escrita por Copérnico sino por

IMAGEN XIV.1. *Descripción de los orbes celestiales,*
A Perfit Description of the Celestial Orbes, *Thomas Digges, 1576*

Representación del universo copernicano, la obra fue publicada por primera vez en inglés y tuvo una amplia difusión.

FUENTE: "Thomas Digges' diagrum of the universe Wellcome L0049132", *Wikimedia Commons*, última modificación 27 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/47nCCK.

un religioso llamado Andreas Osiander, quien se tomó el trabajo de explicar que la obra de Copérnico no debería ser interpretada como una verdadera representación del mundo físico, sino como un modelo matemático útil, una herramienta de cálculo, no necesariamente fiel a la realidad física. "Y no es necesario que estas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera que sean verosímiles, sino que se basta con que muestren un cálculo coincidente con las observaciones [...]"[1], Copérnico pudo reducir, pero no eliminar la necesidad de epiciclos y esferas excéntricas en su modelo y con estas aclaraciones, Osiander quiso proteger las ideas de Copérnico de las objeciones que pudieran tener tanto la Iglesia católica como astrónomos y filósofos que vieran en el modelo de Copérnico inconsistencias similares a las de Ptolomeo.

La posición de Copérnico en este punto particular no era tan clara, pero es bastante obvio que años de trabajo lo habían convencido de la veracidad de su modelo. Además, las objeciones de la tradición astronómica árabe que

[1] Nicolás Copérnico, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, editado por Carlos Mínguez y Mercedes Testal (Madrid: Editora Nacional, 1982), 85.

había estudiado Copérnico tenían que ver justamente con la inconsistencia de un sistema matemático sin fundamentos físicos. La defensa, el perfeccionamiento y éxito de su modelo; es decir, la construcción de una explicación física acorde con las matemáticas quedaría en manos de sus seguidores, de hombres de la talla de Kepler o Galileo, quienes argumentaron que el modelo de Copérnico no era una simple herramienta de cálculo sino una pintura real del universo.

Copérnico no fue el primero en sugerir que la Tierra está en movimiento, ni tampoco el primero en hablar del Sol como centro del universo. Personajes como Aristarco de Samos en la Antigüedad o Buridán y Oresme en la Edad Media ya habían considerado las ventajas de esta idea. El nuevo modelo permitía entonces simplificar el complicado sistema de Ptolomeo, pero también traía consigo no pocas dificultades filosóficas y técnicas.

El movimiento de la Tierra y los demás planetas alrededor del Sol en órbitas circulares y a velocidad constante no coincidía con la evidencia. El modelo, en primera instancia, no funcionaba y difícilmente podía superar la precisión que había logrado la tradición ptolemaica. La propuesta de Copérnico de 1543 requería, al igual que la aristotélica-ptolemaica, de órbitas excéntricas y epiciclos. Si bien en el modelo copernicano se reducía el número de círculos de 80 a 34, los complejos epiciclos y esferas excéntricas usadas por Ptolomeo seguían siendo necesarios. Copérnico se vio obligado a reconocer que el centro de la órbita de la Tierra no podía coincidir con la del Sol, con lo cual se requería para la Tierra y los demás planetas órbitas excéntricas con movimientos en epiciclos. Es decir, las contradicciones físicas que habían señalado astrónomos musulmanes seguían sin resolverse en el nuevo modelo de órbitas circulares alrededor del Sol.

En la obra de Copérnico confluyen muchos conocimientos, datos y tradiciones filosóficas, entre ellas las reiteradas críticas a Ptolomeo por parte de la tradición astronómica árabe, pero también es cierto que en aspectos fundamentales, Copérnico, educado en Italia, era un hombre del Renacimiento. En su obra es evidente la influencia de una tradición estética y filosófica, alimentada por el estudio de Platón y la necesidad de ver en la naturaleza un orden divino de formas inmutables y perfectas, las cuales solo son expresables en el lenguaje de la geometría y las matemáticas.

Copérnico y la estética

Los principios estéticos que vimos en el acápite sobre arte parecen coincidir con algunos supuestos fundamentales de la revolución que se dio en la astronomía. No podemos olvidar que Copérnico vivió diez años en Italia, donde seguramente se familiarizó con la estética del arte renacentista. Si tratáramos de explicar las razones que pudo haber tenido Copérnico para reemplazar el

sistema de Ptolomeo y cómo llegó a la conclusión de que un sistema heliocéntrico era más apropiado y real, tenemos que aceptar que no fue gracias a observaciones más exactas ni a que tuviera a su alcance una corroboración empírica definitiva a favor de una cosmología heliocéntrica. Copérnico no fue un devoto observador de las estrellas y su libro, *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, apenas contiene 27 observaciones hechas por el mismo Copérnico en un periodo de 32 años[2]. Tampoco encontramos en él novedosos argumentos físicos que justifiquen que la Tierra esté en movimiento, sus nociones físicas siguen siendo aristotélicas. Sin embargo, la simplicidad y la unidad parecen haber sido criterios importantes para rechazar el complicado y desarticulado sistema ptolemaico.

Nicolás Copérnico (Torun, Polonia, 1473-1543)

Astrónomo, conocido por formular de manera sistematizada la teoría heliocéntrica según la cual en el centro del sistema solar está el Sol, inmóvil, mientras que la Tierra y los demás planetas orbitan de manera circular alrededor de él. Este modelo iba en contraposición con lo planteado por Ptolomeo siglos antes, quien había afirmado que era la Tierra el centro inmóvil del sistema. Copérnico perdió a sus padres muy joven. Su tío, el príncipe y obispo de Varmia, Lucas Watzenrode, se hizo cargo de su educación. Ingresó a la Universidad de Cracovia y luego continuó sus estudios en la Universidad de Bolonia. Allí realizó estudios clásicos, que consistían principalmente en aprender latín, filosofía y derecho canónico. Hacia 1500 Copérnico volvió a Polonia para ejercer como religioso en la catedral de Frombork. No obstante, un año después retornó a Italia, donde realizó estudios de medicina en la Universidad de Padua y de derecho en la Universidad de Ferrara. Más tarde se instaló de nuevo en Polonia, donde, además de ejercer cargos públicos y eclesiásticos, se dedicó a realizar estudios de astronomía. Hasta ese momento sus ideas sobre el modelo heliocéntrico era conocido solo por sus cartas, pues aunque había escrito un libro en el que detallaba su teoría (*De revolutionibus orbium coelestium*), se resistió a publicarlo. Este solo se haría público el año de su muerte, en 1543.

En el prefacio de su obra encontramos un pasaje en el cual Copérnico explica las deficiencias de los sistemas astronómicos anteriores, los cuales parecen no haber logrado hallar o calcular "la forma del mundo y la simetría

[2] Arthur Koestler, *The Sleepwalkers* (Londres: Arkana, 1989), 125.

exacta de sus partes, sino que les sucedió como si alguien tomase de diversos lugares manos, pies, cabeza y otros miembros auténticamente óptimos, pero no representativos en relación con un solo cuerpo, no correspondiéndose entre sí, de modo que con ellos se compondría más un monstruo que un hombre". Un monstruo que no puede corresponder a la obra del "mejor y más regular artífice de todos"[3].

Como sabemos, Ptolomeo, en su tratado *Almagesto*, se ocupó de cada uno de los planetas por separado, lo que hizo que su sistema pareciera, según Copérnico, desarticulado y desagradable. También es importante recordar que su sistema heliocéntrico de órbitas circulares tuvo que recurrir al uso de numerosos epiciclos y esferas excéntricas, similares a las usadas por Ptolomeo. Dejando de lado la pregunta de si el nuevo sistema es en realidad más simple, queda claro que su propósito era transformar el "monstruo" de la cosmología antigua en un cuerpo elegante y unificado.

Otro elemento interesante en la presentación de su nuevo sistema es la función que le atribuye al Sol, con lo que Copérnico deja ver elementos de una tradición mística que podría justificar por qué el Sol debe tener un lugar central en el cosmos. En el mismo prefacio, Copérnico escribe:

> Y en el medio de todo permanece el Sol. Pues, ¿quién en este bellísimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera iluminarlo todo? Y no sin razón unos le llaman lámpara del mundo, otros le llaman mente, otros 'rector'. Trismegisto le llamó dios visible. Sófocles, en *Electra*, el que todo lo ve. Así, como sentado en un solio real, gobierna la familia de los astros que lo rodean[4].

Sin duda, dificultades técnicas de tipo práctico, como el perfeccionamiento del calendario solar, fueron también una preocupación en tiempos de Copérnico. El calendario juliano, implementado por Julio César con ayuda de astrónomos egipcios, establecía que el año solar tenía 365 días y un cuarto de día, lo cual se controlaba teniendo periodos de tres años de 365 días y uno de 366. Aunque bastante preciso en periodos cortos de tiempo, después de algunos cientos de años empezaba a desfasarse. Esto preocupó a los religiosos en particular, ya que el equinoccio de primavera, según el cual se determina el día de Pascua, había sido establecido siglos atrás el 21 de marzo, y para el siglo XVI estaba ocurriendo el 11 de marzo. De manera que las razones que tuvo Copérnico para cuestionar la antigua cosmología no fueron únicamente de carácter estético; pero no hay duda de que la armonía platónica y las ideas de belleza y de simplicidad desempeñaron un papel importante en su obra y en la de aquellos que lo siguieron.

[3] Copérnico, *Sobre las revoluciones*, 93.
[4] *Ibid.*, 118-119.

IMAGEN XIV.2. *Harmonia macrocosmica, Andreas Cellarius, 1661*

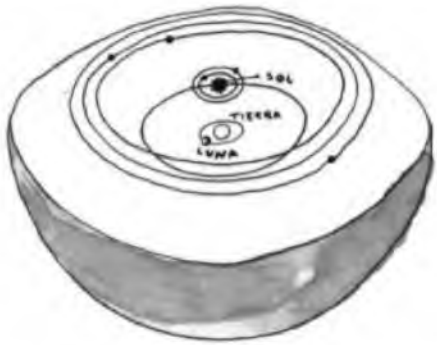
FUENTE: "Cellarius Harmonia Macrocosmica, Scenographia Systematis Copernicani", *Wikimedia Commons*, última modificación 3 de febrero del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/apLNGs.

En todo caso, la publicación de 1543 tuvo un impacto extraordinario, tanto por su contenido como por lo que otros dirían en su defensa. Lo cierto es que la simpatía que este sistema despertó en dos personas en particular, Johannes Kepler y Galileo Galilei, haría de la tesis copernicana el centro de un debate que se ha visto como una contienda heroica de la razón contra la autoridad y el prejuicio. Un episodio que, como hemos explicado, se convirtió en emblema de la ciencia moderna.

JOHANNES KEPLER

La obra de Johannes Kepler (1571-1630) es inseparable de la de Tycho Brahe (1546-1601), ya que gracias a su trabajo Kepler tuvo acceso a una extensa cantidad de datos astronómicos sin los cuales no tendríamos hoy las teorías

IMAGEN XIV.3. *Sistema solar según Tycho Brahe*



El modelo mantiene a la Tierra como centro inmóvil del universo, pero los planetas y demás astros giran alrededor del Sol, el cual, a su vez, gira alrededor de la Tierra.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

y leyes astronómicas que desarrolló e hicieron de él una figura clave en la historia de la ciencia.

Además de ser un astrónomo con propuestas cosmológicas novedosas, la importancia de Tycho Brahe radica en una inmensa colección de observaciones de una exactitud sin precedentes en la historia de la astronomía. Brahe empezó sus observaciones desde muy joven, pero la mayoría de estas las hizo durante los veinte años que estuvo en la isla de Ven, al norte de Dinamarca. Con el auspicio del rey Federico II, Brahe realizó sus observaciones con gran regularidad y al repetirlas varias veces logró la perfección que lo hizo famoso. Pronto, el trabajo de Brahe desplazó gran parte del catálogo ptolemaico y fue un referente obligado en la astronomía moderna.

Kepler, más que un recopilador de observaciones, fue un astrónomo creativo y sin duda genial. Su encuentro con Brahe fue un hecho afortunado en la historia de la astronomía. Este encuentro de talentos lo describe el mismo Kepler con las siguientes palabras: "Tycho tiene las mejores observaciones, y, por decirlo así, el material para la construcción de un nuevo edificio [...]. Él solamente carece del arquitecto que pueda usar todo ese material de acuerdo con su propio diseño"[5]. Kepler sería entonces el "arquitecto" imaginativo que daría forma a los datos de Tycho Brahe.

[5] "Tycho possesses the best observations, and thus so-to-speak the material for the building of a new edifice; [...] He only lacks the architect who would put all this to use according to his own design". Koestler, *The Sleepwalkers*, 308. Traducción propia.

Johannes Kepler (Weil der Stadt, Almania, 1571-1630)

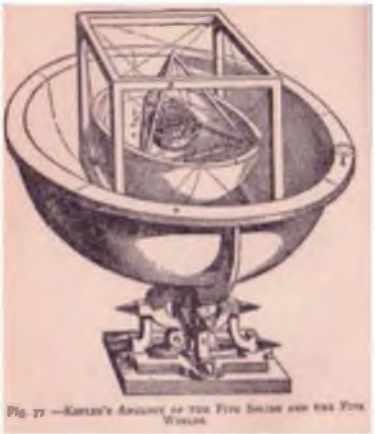
Astrónomo y matemático, es reconocido sobre todo por haber planteado tres leyes matemáticas sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Hacia 1588 ingresó a la Universidad de Tubinga, donde adelantó estudios de teología y matemáticas. Allí conoció al astrónomo Michael Maestlin, quien fue su maestro y quien le mostró el trabajo hecho por Copérnico años antes. Hacia 1594, Kepler partió de Tubinga a Graz, donde ejerció como profesor de matemáticas. Allí comenzó a publicar algunos trabajos astronómicos, como almanaques, y escribió su libro *Mysterium cosmographicum*, publicado en 1596 en Tubinga. Hacia 1600, Kepler se dirigió a Praga, donde trabajo al servicio del astrónomo danés Tycho Brahe. Cuando Brahe murió, en 1601, fue el mismo Kepler quien lo reemplazó en su cargo de matemático imperial y consejero del rey Rodolfo II del Sacro Imperio Romano Germánico. Hacia 1609 Kepler publicó en Praga su libro *Astronomia nova*, en la cual postuló dos de sus famosas leyes del movimiento planetario. En 1627 publicó su libro *Tabulae Rudolphinae*, dedicado a Rodolfo II. Allí, Kepler, basado en sus propias observaciones y cálculos y en datos que había recopilado Tycho Brahe, presentó un amplio catálogo de estrellas y planetas. Tres años más tarde murió en Ratisbona.

Las precisas observaciones que realizó llevaron al propio Brahe a pensar en un nuevo sistema cosmológico, en el cual quiso conservar las ventajas del sistema tradicional aristotélico sin desafiar la idea de la Tierra inmóvil en el centro del universo. Sin embargo, vio las ventajas que podría tener un modelo heliocéntrico, y desarrolló un sistema que combinaba ambas teorías. En el centro estaban la Tierra, la Luna y el Sol, al igual que en la propuesta ptolemaica, giraban alrededor de la Tierra. La diferencia estaba en que en este nuevo esquema los otros planetas giraban alrededor del Sol.

En el año 1600, el entonces joven astrónomo Johannes Kepler comenzó su trabajo al lado de Brahe. Un año más tarde, en su lecho de muerte, Brahe le entregó a Kepler todos sus libros de observaciones, le solicitó que los usara para hacer grandes tablas astronómicas y le expresó su deseo de que mediante ellos probara su modelo cosmológico.

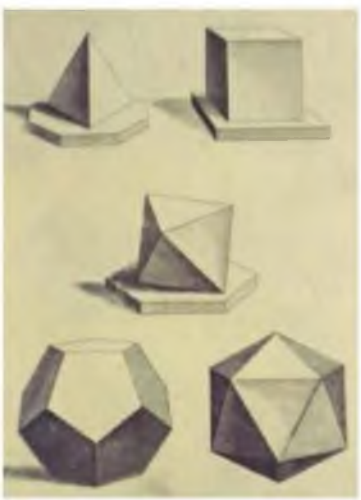
La idea de un universo cuyo orden se debe poder leer en un lenguaje matemático fue la obsesión de la vida de Johannes Kepler. Dios solo podía haber creado un mundo perfecto, ordenado y matemáticamente inteligible. Un universo sin proporciones bien definidas, sin armonía, era impensable. De manera que una pintura genuina del cosmos debía mostrar con claridad

IMAGEN XIV.4. Mysterium cosmographicum, *Johannes Kepler, 1596*



FUENTE: "Kepler's Analogy", *Wikimedia Commons*, última modificación 22 de febrero del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/n4mMQm.

IMAGEN XIV.5. La pratica di prospectiva, *Lorenzo Sirigatti, 1596*



FUENTE: Getty Research Institute.

dicha armonía. La concepción platónica y pitagórica del mundo es evidente en la ciencia de Kepler, en la que las matemáticas y la geometría son la verdad unificadora entre la mente de Dios y la mente del hombre. La geometría existe antes de la creación, es coeterna con la mente de Dios. "Las figuras que no pueden ser construidas con el compás y la regla, están por fuera del entendimiento, son inexpresables y no existen"[6].

Después de un largo periodo "jugando con números" y buscando las proporciones correctas del universo, Kepler creyó haber descubierto, el 9 de julio de 1596, mientras dibujaba una figura para sus estudiantes, un modelo para el sistema solar tan perfecto que tenía que ser real. Encontró que los cinco sólidos regulares inscritos dentro de esferas bien podrían describir las órbitas y las distancias relativas de los seis planetas conocidos.

> La Tierra es el círculo que es la medida de todo. Circunscríbele un dodecaedro. El círculo que lo circunscriba será Marte. Circunscribe a Marte en un tetraedro, el círculo que lo comprenda será Júpiter. Circunscribe a Júpiter en un cubo. El círculo que lo comprenda a este será Saturno. Ahora en la Tierra un icosaedro. El círculo inscrito en esta será Venus. Inscribe en Venus un octaedro. El círculo inscrito en él será Mercurio[7].

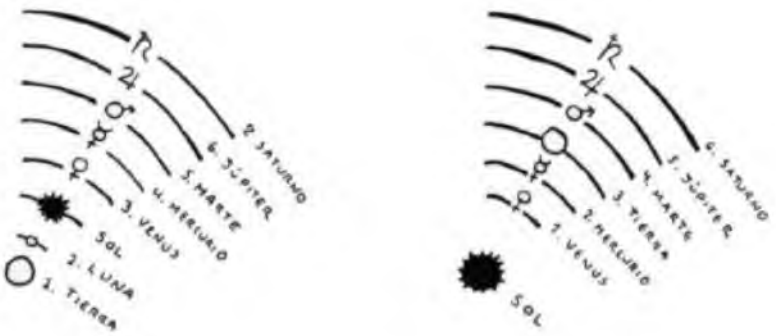
Lleno de gozo, Kepler estaba fascinado con la perfección de su modelo. Faltaba confirmar si este correspondía a las observaciones. Si bien las observaciones particulares parecían tener una función secundaria en la tradición platónica, en tiempos de Kepler no era viable una propuesta cosmológica al margen de un creciente cúmulo de datos cada vez más precisos.

Kepler había hecho su debut en 1596 con la publicación del libro *Misterio del cosmos* y aunque para un lector moderno parece un trabajo esotérico y de marcado misticismo, su contenido ayuda a entender su obra posterior. Convencido copernicano, el libro pretende demostrar la validez de la teoría heliocéntrica a partir del número de planetas. En el sistema copernicano había solo seis planetas en lugar de los siete que presentaba el ptolemaico, que consideraba la Luna otro planeta más. Para Kepler, sus propios cálculos indicaban que la existencia de cinco planetas, aparte de la Tierra, tenía una relación directa con los cinco sólidos regulares de la geometría. Si tomábamos la órbita terrestre como punto de partida y si circunscribíamos o inscribíamos los sólidos regulares platónicos en un determinado orden, tendríamos como resultado las órbitas de los cinco planetas.

[6] "Therefore figures which cannot be constructed by compass and ruler [...] are somehow unclean, because they defy the intellect. They are *inscibilis*, unknowable, *infabilis*, unspeakable, *non-entia*, non-existences". Koestler, *The Sleepwalkers*, 395-396. Traducción propia.

[7] Johannes Kepler, *El secreto del universo* (Madrid: Alianza Editorial, 1992), 66.

IMAGEN XIV.6. *Sistemas geocéntrico y heliocéntrico*



FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Misterium cosmographicum no fue el único trabajo en el que Kepler se ocupó de descifrar la armonía divina del universo. Kepler tuvo otra fascinante idea: que los astros en su movimiento producen una música verdadera y real. "Los movimientos celestes no son más que una canción continua para múltiples voces"[8]. Si bien la armonía de una música celestial no era una idea nueva, la armonía celestial de Kepler era original por su carácter polifónico y por estar determinada por la geometría (polígonos regulares inscritos en círculos y un sistema centrado en el Sol). La armonía musical representaba para Kepler, una vez más, la armonía y la perfección de la obra del Creador. Kepler consideraba sus teorías reales y suponía que sus descubrimientos podrían ser corroborados por medio de observaciones astronómicas.

Los antiguos, para él, no tuvieron éxito en encontrar las armonías reales del universo por carecer de las herramientas geométricas adecuadas y no poder ver más allá de proporciones numéricas. La geometría, por el contrario, según Kepler, era el lenguaje que revelaba la verdadera estructura del universo, el pensamiento de Dios. Los cielos eran un concierto geométrico, y la necesidad de un orden estético en la representación de la naturaleza en el Renacimiento se hizo, una vez más, evidente. La teoría de los cinco sólidos regulares no coincidía con la precisión de las observaciones astronómicas de su tiempo, pero Kepler no se rindió en su búsqueda de un orden geométrico y divino para el cosmos.

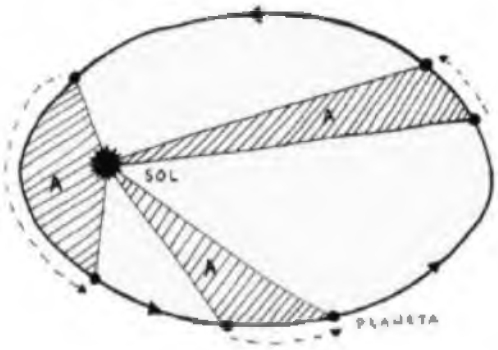
[8] "The heavenly motions are nothing but a continuous song for several voices". Koestler, *The Sleepwalkers*, 398. Traducción propia.

Antes de exponer las posteriores tesis de Kepler para explicar el movimiento de los cuerpos celestes, será oportuno realizar algunos comentarios sobre su concepción del Sol y el papel que este desempeñaba en su sistema planetario. En el sistema de Copérnico, el Sol tenía la función óptica de iluminar los planetas; pero esta nunca se presentó como la causa de su movimiento. Kepler, por su parte, pensó el Sol como un centro activo, causa y motor del movimiento planetario. Kepler, familiarizado con doctrinas de la tradición hermética que le atribuían un carácter divino al Sol, consideró que este tenía un cometido central en el universo y lo veía como una fuente no solamente de luz y calor sino como el centro dinámico del universo. Imaginaba que el Sol irradiaba un gran poder y, de esta manera, era la fuente del movimiento planetario. A esta fuerza solar, que tenía características similares a las del magnetismo, Kepler la llamó el *anima motrix*. Con referencias explícitas a William Gilbert (véase el capítulo XVI), Kepler empleó la noción de la Tierra como un gran imán para explicar su relación con el movimiento de los planetas. Este concepto del Sol como un agente divino y fuerza central del movimiento del universo tuvo una influencia directa en las leyes de movimiento planetario que propuso a lo largo de su vida.

Convencido de la uniformidad, la homogeneidad y la unidad de la naturaleza, Kepler buscó explicar los fenómenos celestes con los mismos principios de la mecánica terrestre. Como vimos, desde los griegos, la astronomía había buscado entender el cosmos por medio de combinaciones de movimientos circulares uniformes. El círculo era la figura perfecta y, por lo tanto, la adecuada forma de explicar la perfección de los cielos. En 1609, Kepler escribió un libro titulado *Astronomia nova*, en el que se ocupó de manera detallada del planeta Marte y, al igual que sus antepasados, quiso explicar su movimiento a partir de órbitas circulares. Sin embargo, se negó a introducir la figura de los epiciclos, y para explicar el aparente movimiento errante del planeta, Kepler supuso que la velocidad del planeta cambiaba; es decir, no era uniforme. Aunque el modelo que desarrolló fracasó por un error de ocho minutos en el cálculo del movimiento de Marte sobre su órbita, al intentar un tratamiento similar con la Tierra, e influenciado por su visión del Sol como un agente divino, concluyó que la velocidad de los planetas era inversamente proporcional a su distancia del Sol. Esta ley de las velocidades fue sin lugar a dudas un punto de quiebre en la obra de Kepler y en la astronomía moderna.

Con el propósito de suplir la complejidad de los epiciclos y las órbitas excéntricas, y usando la ley de las velocidades y el hecho de ver el Sol como un agente de movimiento, Kepler abandonó la idea de explicar el movimiento en términos circulares y planteó lo que hoy conocemos como la primera ley del movimiento planetario. Esta nos dice que los planetas se mueven en órbitas con forma de elipse, con el Sol en uno de sus focos. Kepler argumentaba que era preciso usar una elipse, ya que solo así la distancia del Sol al

IMAGEN XIV.7. *Leyes de Kepler*



(1) Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse. (2) El radio vector que une un planeta y el Sol barre áreas iguales (A) en tiempos iguales. (3) Para cualquier planeta, el cuadrado de su periodo orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

planeta variaba de manera uniforme, lo cual no ocurriría si se usaban epiciclos. Asimismo, desarrolló su segunda ley del movimiento planetario, con la cual indicó que la línea que une al Sol con el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales. Kepler concibió esta idea al ver que la velocidad del planeta es inversamente proporcional a su distancia del Sol. Nueve años más tarde, descubrió lo que hoy conocemos como su tercera ley, en la que plantea que el cuadrado del periodo que demora cada planeta en girar alrededor del Sol es proporcional al cubo de su distancia media con este.

Este rompimiento con la idea del círculo para describir las órbitas planetarias chocó con el ideal estético de una larga tradición cosmológica. En cualquier caso, Kepler logró simplificar bastante el modelo existente pasando de 34 círculos a 7 elipses. Con esto, si bien es cierto que perfeccionó el sistema copernicano, también lo eliminó. La propuesta implicó romper con el paradigma del movimiento circular, pero en comparación con la complejidad del modelo ptolemaico se mostró mucho más ordenado, armónico y bello. En últimas, iba mucho más acorde a los ideales de la armonía matemática de la tradición platónica.

Es importante mencionar que las tres leyes de Kepler que hoy conocemos formaban parte de una extensa obra sobre el movimiento planetario. El

IMAGEN XIV.8. *Plaza de San Pedro, Gian Lorenzo Bernini, 1656-1667*

FUENTE: "Piranesi-16005", *Wikimedia Commons*, última modificación 17 de abril del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://bit.ly/2U8cw0z.

deseo de ver a Kepler como padre de la ciencia moderna hizo que muchos historiadores y científicos entre los siglos XVIII y XX ignoraran el resto de sus planteamientos, calificándolos de místicos y herméticos, ya que no parecen coincidir con nuestra noción de ciencia moderna. Para Kepler, como para cualquier humanista, fue difícil romper con la idea de movimiento circular. En este punto vale la pena señalar que las primeras elipses en arquitectura también aparecieron en el Barroco. La plaza de San Pedro, diseñada en 1667 por Lorenzo Bernini, es un destacado ejemplo.

La armonía del mundo y *Misterio del cosmos* parecen dominados por la misma obsesión de encontrar el secreto del orden del universo, una tarea en la cual la geometría, la música, la religión, la astronomía y el arte deben unirse para comprender y representar el pensamiento de Dios. Como hemos visto, Kepler no fue el único en creer posible descifrar un orden geométrico y divino en la naturaleza. Se trataba de una obsesión colectiva relacionada con la tradición neoplatónica que parecía impregnar la obra de toda una tradición de arquitectos, artistas y astrónomos. Los miembros de la academia florentina —en la que surgió una influyente admiración por la filosofía platónica y en la que Galileo enseñó matemáticas— concibieron el mundo como una obra de arte perfecta. El Divino Arquitecto del *Timeo* construye el mundo

siguiendo un plan matemático. La tarea del filósofo natural es descubrir ese plan divino en la naturaleza.

Antes de pasar a otros episodios de la revolución copernicana debemos mencionar otro campo de interés de Kepler: la óptica. Hoy es un campo más de la física, de hecho, uno muy específico; sin embargo, el problema de la visón es una cuestión central que debe explicar cómo percibimos el mundo exterior; es decir, encarna una gran pregunta epistemológica sobre la percepción humana. Como lo hemos señalado, es un tema casi inseparable de la astronomía y del cual se ocuparon artistas y filósofos.

En 1604 Kepler publicó su trabajo *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur*, que se compone de once capítulos. Los primeros cinco están dedicados a la óptica y los restantes a temas astronómicos. La obra de Kepler sobre óptica retoma aportes medievales sobre el tema. En particular, como el título de su escrito lo señala, la obra de Vitelio, quien en el siglo XIII produjo un trabajo sobre perspectiva, en el cual se dan a conocer los estudios de óptica de Alhacén, del año 1039. El tratamiento geométrico de la visión apela al concepto de rayo visual, asumiendo que la luz se dispersa como un rayo en línea recta. Kepler se sumó a la concepción de Claudio Ptolomeo al explicar la luz como rayos que emiten los cuerpos luminosos y trató de explicarlos en términos geométricos y mecánicos. Kepler enfrentó un viejo problema, expuesto por Aristóteles: ¿por qué los rayos del sol percibidos durante un eclipse por medio de orificios, rendijas o por medio de las hojas de los árboles proyectan imágenes reducidas del objeto del cual emana la luz? Este mismo fenómeno se hizo evidente en las observaciones astronómicas en las que se empleó la cámara oscura.

En su intento por resolver el problema, Kepler propuso un nuevo modelo para explicar la formación de imágenes, en el que supone que la luz emitida por cada punto del objeto es como una esfera en expansión en lugar de rayos en línea recta, tal y como se explica en las teorías de perspectiva clásica. Kepler dio nuevas explicaciones sobre la retina, según él, esta permite que la multiplicidad de rayos que emite un objeto confluya en un solo punto para una adecuada percepción visual. La imagen en este proceso se invierte, como en la cámara oscura. Cómo la imagen invertida que llega a la retina se corrige para una visión normal, es para Kepler un problema que deja a la medicina, pero su explicación de la visión con el modelo de conos hace del ojo humano un conjunto de lentes y forma parte de una importante tradición de óptica que condujo a la elaboración de instrumentos de observación.

No es entonces una coincidencia que la confianza en los lentes e instrumentos de observación del siglo XVII se diera al mismo tiempo que emergían explicaciones mecánicas de la visión y, como en el caso de Kepler, se entienda el ojo humano como un ensamble que de manera mecánica produce imágenes de la realidad. El ojo opera como un instrumento óptico que tiene diferentes partes, las cuales cumplen tareas específicas. Funciona como un

mecanismo de lentes con la capacidad de enfocar, con un mayor grado de perfección, pero no muy distinto en su funcionamiento al de un artefacto hecho por el hombre.

Kepler define la visión como la formación de una imagen, "pintura", en la retina. La visión se produce por medio de una pintura del objeto que se observa en la superficie cóncava de la retina. La visión, en otras palabras, es como una pintura: "Ut pictura, ita visio" (Como la pintura, la visión). El uso de la expresión *pintura*, para referirse a las funciones del ojo humano es muy sugestivo. Aquí, el arte y la naturaleza confluyen, y podríamos encontrar en las explicaciones mecánicas de la visión un poderoso sustento epistemológico para hacer de la pintura una confiable copia de la realidad, la pintura como conocimiento legítimo[9]. Estas ideas tienen una fuerza particular en el norte de Europa, en el siglo XVII; sin embargo, es inevitable relacionarlas con las propuestas de Leonardo, ya expuestas, según las cuales la pintura es una forma sublime de conocimiento. La mente del pintor, nos invita a pensar Leonardo en su tratado sobre pintura, es como un espejo[10].

Como veremos, en el caso de Descartes y la filosofía mecánica, una explicación confiable sobre la forma como se percibe el mundo exterior es un problema filosófico mayor.

[9] Alpers, *The Art of Describing*, 36.
[10] *Ibid.*, 47.

Capítulo XV

UNA NUEVA FÍSICA PARA UNA NUEVA COSMOLOGÍA: GALILEO GALILEI

Más que ninguna otra de las figuras que hemos visto hasta ahora, el nombre y la obra de Galileo se han identificado con el nacimiento de la ciencia moderna. Galileo se ha ganado la reputación de una figura heroica, de mártir del nuevo conocimiento que a pesar de múltiples presiones sociales pudo superar los prejuicios de su época, quien, por medio de la experimentación y el análisis matemático, construyó una nueva ciencia que le permitió develar verdades fundamentales del mundo natural. Esta imagen algo idealizada de Galileo responde a la búsqueda de un mito de origen para la ciencia moderna como práctica racional, fundada en la experiencia y fuente de la verdad. Figuras notables en la historia de la ciencia, como Ernst Mach o el mismo Albert Einstein, han insistido en esta idea de Galileo como "padre de la ciencia moderna". El Galileo héroe y mártir, que debió enfrentar la ignorancia y tozudez de la Iglesia católica ha sido objeto de no pocas versiones dramáticas con un profundo peso simbólico.

Hemos insistido sobre la imposibilidad de asignar una fecha de nacimiento o un solo padre a la ciencia moderna; pero esta imagen de Galileo responde a una larga tradición historiográfica que ha consolidado la figura idealizada de un hombre de ciencia y además una idea de ciencia particular. Lo complicado y a la vez interesante es que hoy tenemos múltiples interpretaciones de Galileo y, por lo tanto, enfrentamos la imposibilidad de una única posición sobre la naturaleza de la ciencia moderna.

A finales del siglo XIX, en 1881, con la publicación de los *Cuadernos* de Leonardo da Vinci, la imagen de Galileo como padre fundador de la ciencia moderna enfrentó las primeras dificultades. Una contribución importante al debate sobre la revolución científica fueron los estudios acerca de la ciencia medieval y en particular las tesis del historiador francés Pierre Duhem, quien planteó que muchas de las críticas fundamentales a la física de Aristóteles, atribuidas a Galileo, ya habían sido planteadas en las universidades de París y Oxford entre los siglos XIII y XIV (véase el capítulo VI). A esto se suma el creciente interés y la mejor comprensión entre académicos occidentales de la astronomía árabe. Todo lo anterior hizo evidente que algunas ideas atribuidas a Galileo fueron propias de una época y no de un único individuo.

En los debates sobre la figura de Galileo y el significado de su obra no solo está en juego el origen de una nueva ciencia sino la naturaleza y los rasgos

determinantes de la misma. A finales de la década de1930, Alexandre Koyré publicó varios trabajos que les restaron importancia a la observación y los experimentos como el fundamento de la obra de Galileo, y nos invitó a pensar en una ciencia moderna que le debe más a la filosofía de Platón que al empirismo. De ahí en adelante, los estudios sobre Galileo han defendido diversas formas de entender la ciencia moderna.

Galileo Galilei (1564-1642)

Nació en Pisa en el año 1564. Aunque ingresó a la universidad a estudiar medicina, su interés por las matemáticas lo llevó a abandonar la universidad sin graduarse. En 1589, después de escribir un trabajo sobre Arquímedes que le dio cierto reconocimiento, comenzó a dictar clases de matemáticas en la Universidad de Pisa. Allí escribió su primera obra de importancia: *Sobre el movimiento*. En 1592 abandonó Pisa para trabajar en la Universidad de Padua, uno de los centros académicos más importantes de Europa en la época. Durante los dieciocho años que estuvo en Padua cambió sus ideas sobre el movimiento y para cuando la abandonó, en 1610, ya había recopilado gran parte del material de lo que más tarde se conoció como los *Discursos y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*, obra publicada en 1638. Asimismo, durante sus años en Padua, Galileo se familiarizó con el trabajo de los artesanos, lo cual le permitió más adelante construir un artefacto para medir la temperatura y un cierto tipo de compás que le fue de gran utilidad para hacer cálculos.

Existe muy poca evidencia de que Galileo hubiera adoptado y defendido el sistema copernicano durante su estadía en Padua. Aunque ya estaba familiarizado con algunos textos de Johannes Kepler, fue solo hasta 1609, con sus observaciones telescópicas, que hizo pública su simpatía por el sistema copernicano. Las diferentes observaciones hechas con este artefacto contribuyeron a que Galileo encontrara razones para creer en la realidad física de la teoría de Copérnico. Sus resultados fueron publicados en marzo de 1610 en un libro titulado *El mensajero sideral*. De ahí en adelante su vida cambió radicalmente. Ese mismo año, el Gran Duque de Florencia le propuso ser su matemático y filósofo de cabecera. A pesar de que su amigo, Giovanni Francesco Sagredo, le recomendó no aceptar la propuesta, entre otras razones porque dejaría el ambiente libre de la república veneciana para estar a merced de la intriga de la corte de los Medici y la autoridad de la Iglesia, Galileo abandonó su trabajo en Padua y se radicó en Florencia.

Muy pronto se encontró en medio de disputas sobre la relación entre sus visiones astronómicas y la religión. En 1616, la Iglesia le prohibió a Galileo enseñar o defender el copernicanismo. En 1630 Galileo completó su más importante obra astronómica, el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo*. Aunque el libro fue aprobado por las autoridades eclesiásticas y publicado en 1632, en 1633 Galileo fue llamado a juicio por la Inquisición. La sentencia final dictó que la obra fuera prohibida y su autor condenado a cadena perpetua en su propia villa cerca de Florencia. Galileo publicó luego, en 1638, su *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*, quizá su escrito con mayores consecuencias en la historia de la física moderna. Galileo murió en 1642, a los 78 años, ciego y preso. Para entonces, solo una pequeña minoría de astrónomos aceptaba el sistema heliocéntrico.

Quizá la mejor manera de iniciar la explicación sobre la importancia e influencia de Galileo en el surgimiento de la ciencia moderna es mencionar lo que hoy en día se considera fueron sus grandes contribuciones. Galileo fue el más polémico e influyente de los defensores de la nueva cosmología copernicana; pero sus argumentos fueron mucho más allá de Copérnico, y como resultado desarrolló lo que para muchos serían las bases de una nueva física y un nuevo método para la ciencia. Si bien no es una idea exclusivamente galileana, podemos mencionar en primer lugar la noción moderna de *inercia*, principio que se convertiría en un aspecto fundamental de la física newtoniana, y que plantea la idea de que cualquier cuerpo continúa en estado de reposo o movimiento rectilíneo a menos que una fuerza externa actúe sobre él.

Un segundo punto que se acepta sin mayor resistencia es el de las llamadas leyes de la caída libre, las cuales concluyen, contradiciendo los principios aristotélicos, que la velocidad y aceleración de un cuerpo en caída libre son independientes de su constitución, y que todos los cuerpos, independientemente de su composición y peso, caen a la misma velocidad, por lo menos en el vacío. Asimismo, Galileo hizo numerosas observaciones astronómicas usando el telescopio que ayudaron a corroborar la teoría copernicana.

Por último, en términos metodológicos, se le considera el primer gran experimentalista y un pionero en ver el valor del análisis matemático en problemas físicos. Es obvio que Galileo no nació ni se educó como copernicano. En algún momento de su vida tuvo que adoptar la doctrina heliocéntrica y, aunque difícil de responder, es interesante preguntarse cómo ocurrió esa transición. Su defensa pública tuvo lugar luego de sus observaciones telescópicas

y la publicación de *El mensajero sideral*, en el que sus ideas son presentadas como contundentes argumentos a favor del movimiento de la Tierra. Sus argumentos de tipo físico, como el famoso de las mareas en el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo*, resultan poco convincentes y para algunos incluso contradictorios con su propias ideas sobre el movimiento. Lo que sí parece cierto es que antes de sus observaciones telescópicas, confesó, aunque fuera de manera privada, su gusto por las ideas de Copérnico. En una carta a Kepler de 1597, en la cual agradece el envío de un ejemplar de *El secreto del universo*, afirma: "[...] Desde hace muchos años he aceptado la doctrina de Copérnico [...] he redactado estudios sobre este tema, con numerosas pruebas en su apoyo, pero hasta ahora no me he atrevido a publicarlos abiertamente [...]"[1].

Estética y platonismo en la ciencia de Galileo

La influencia del platonismo sobre la cultura, el arte y la ciencia del Renacimiento ha sido señalada con insistencia, y Galileo no fue una excepción. Sus convicciones religiosas, epistemológicas y estéticas no son tan distintas de las ya descritas acerca de las grandes figuras del Renacimiento, como Kepler, Brunelleschi o Leonardo.

> La filosofía está escrita en ese grandioso libro que siempre está frente a nosotros —me refiero al universo— pero no lo podemos entender si no aprendemos su lenguaje y comprendemos los símbolos en que está escrito. Este libro está escrito en el lenguaje de las matemáticas y los símbolos son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin los cuales sería imposible entender una sola palabra, sin los cuales daríamos vueltas en vano dentro de un oscuro laberinto[2].

Ya vimos cómo Copérnico fue claro en criticar la cosmología clásica en términos estéticos, para él la proporción, la armonía, el orden y la verdad parecen sinónimos, una poderosa idea que Galileo compartió. En su propio hogar, Galileo se familiarizó con principios estéticos clásicos. Su padre Vincenzo fue un notable músico y autor de textos sobre armonía cósmica en términos pitagóricos, e inculcó en su hijo el gusto por las artes. Sabemos que Galileo fue un competente intérprete del laúd y conocemos muchos de sus escritos sobre arte.

El historiador de la arquitectura Panofsky ha mostrado cómo la "actitud científica" de Galileo es visible en sus juicios estéticos; de igual manera, su formación artística influyó sobre sus convicciones filosóficas. De modo que

[1] Galileo Galilei, *Le opere di Galileo Galilei* (Florencia: Edizione Nazionale, 1968), 67.
[2] Galileo Galilei, *El ensayador* (Buenos Aires: Aguilar, 1981), 62-63.

como crítico de arte y como hombre de ciencia siguió principios similares[3]. En algunos comentarios hechos por Galileo sobre arte encontramos una crítica radical al manierismo, al que halla despreciable por alejarse del ideal estético, en el que el equilibrio, la armonía y la unidad son fundamentales. Al referirse a la obra de Torcuato Tasso, *Jerusalén liberada*, Galileo comenta:

> Este libro es una fábrica hecha de diversas chatarras recogidas de mil ruinas de otros edificios, entre las cuales se encuentran a veces algún pedazo bello de cornisa, un capitel u otro fragmento que colocado en su lugar haría un bello efecto, pero puesto, como aquí, fuera de orden y sin propósito, rompe con las órdenes de la arquitectura y en suma deja el edificio desarreglado y mal compuesto[4].

Sabemos que Galileo conoció la obra de Kepler, por lo que podemos preguntarnos por qué no aceptaría que el movimiento de los planetas y la Tierra alrededor del Sol tuvieran una forma elíptica. La idea de un cosmos geométrico y el papel central que desempeña el movimiento circular y la esfera dentro de dicha concepción del mundo siguió teniendo preponderancia en el pensamiento de Galileo.

Para muchos ha sido difícil explicar cómo es posible que el fundador de la física moderna y quien proveyó todos los argumentos y experimentos reales o mentales que nos han permitido entender la idea de inercia sobre un plano horizontal, no haya podido concebir un movimiento rectilíneo e infinito. *Movimiento horizontal*, para Galileo, quería decir perpendicular a la dirección de caída de los objetos, y el cuerpo que se mueve sobre dicho plano no describe una línea recta sino un círculo. El movimiento en línea recta, para Galileo, es contrario a la noción de orden propia del movimiento circular, en torno a su centro estable y fijo. Un cosmos como el de Claudio Ptolomeo, para Galileo, fue difícil de aceptar en términos estéticos, lo vio como una especie de pintura manierista, carente de orden, gracia y armonía. Un sistema solar con órbitas en forma de elipse pudo haberle parecido chocante, por razones similares.

Su versión de la inercia, como veremos más adelante, no puede aceptar un movimiento eterno en línea recta, ya que el movimiento eterno debe ser circular. En este sentido, es justamente la perfección del círculo la que garantiza la armonía y el equilibrio del universo.

[3] Erwin Panofsky, *Galileo as a Critic of the Arts* (La Haya: Martinus Nijhoff, 1945).

[4] Carlos Hernández, "Voluntad, imaginación y apropiación de la palabra" (tesis de doctorado, Universidad Pedagógica Nacional, 2011), 267.

El problema del movimiento

La cosmología y la naturaleza del movimiento son problemas inseparables. La astronomía árabe ya había reclamado la necesidad de una cosmología en la cual la física y el modelo matemático del universo fueran compatibles. El sistema de Claudio Ptolomeo, con sus esferas excéntricas y epicíclos, hacía evidente estas contradicciones con la física de Aristóteles; sin embargo, el modelo copernicano carecía de explicaciones físicas consistentes. Este último presentaba un universo que no era posible dentro de las explicaciones del movimiento natural de Aristóteles.

Para que la idea de que la Tierra realiza movimientos de rotación y traslación fuera aceptada se necesitaba de una nueva física que explicara fenómenos que de otra manera eran absurdos según el sentido común. Una manera de entender los logros de Galileo tiene que ver con la sustitución de la física de Aristóteles y la necesidad de ofrecer una explicación del movimiento compatible con el sistema copernicano. La solución de Galileo la encontramos en su *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* (1632) y, de manera más desarrollada y sistemática, en su *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias* (1638).

Describimos la física de Aristóteles como una física del sentido común, y en primera instancia nuestra experiencia del mundo aparenta corroborar las bases de la cosmología clásica: la Tierra parece estable, de manera que es natural que pensemos que el movimiento es un proceso y no un estado; los cuerpos pesados parecen caer más rápido que los livianos, la velocidad de la caída libre es proporcional a la cantidad de tierra y agua que componen el cuerpo; la existencia del vacío, de la nada, es una contradicción, y el movimiento en el vacío es, desde luego, impensable. Esta noción cualitativa del movimiento estaba aún vigente a finales del siglo XVI y principios del XVII, e inclusive el mismo Galileo en sus primeros escritos sobre el movimiento conserva el lenguaje de la física del filósofo griego y reconoce que con nuestros sentidos observamos que el lugar de los objetos pesados está cerca del centro del universo y el lugar de lo liviano lejos de este.

El lenguaje es aristotélico, pero hay una diferencia notable. El fuego no va hacia arriba porque carezca de peso, es decir, porque sea ligero, sino debido a que pesa menos que el aire, el aire es menos pesado que el agua, la cual pesa menos que la tierra. En esta obra temprana, Galileo niega entonces el movimiento natural hacia arriba que se presenta en la física de Aristóteles, y, por el contrario, habla de un único movimiento natural hacia el centro del universo.

En su trabajo sobre cuerpos flotantes, Arquímedes había considerado la relación entre gravedad específica (densidad) de un cuerpo y la del medio en el cual es sumergido, y usó dicha relación para determinar si un objeto flota o

se hunde: si el cuerpo es más denso que el medio se sumerge, y si es menos denso, flota. Galileo hizo una reflexión similar para pensar los cuerpos en caída libre, teniendo en cuenta la densidad de los mismos en relación con el medio, el aire por ejemplo, y así poder explicar su movimiento. Galileo propuso que la velocidad a la cual se mueve un cuerpo a través de un medio es proporcional a la diferencia entre la densidad del cuerpo y la del medio. Esta conclusión implica, entre otras cosas, que cuerpos de densidad diferente caen a velocidades distintas, pero cuerpos de la misma densidad (misma composición pero peso distinto) caen a la misma velocidad.

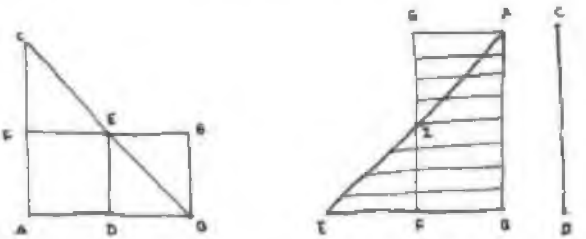
Las conclusiones más importantes a las que llegó Galileo en cuanto al movimiento las desarrolló durante sus años en Padua y las plasmó en su libro *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*. En esta obra se enuncian postulados centrales de la física moderna. Recordemos algunos de los más celebrados.

El primer postulado dice que la distancia que recorre un cuerpo en caída libre es proporcional al cuadrado del tiempo. El segundo, que todos los cuerpos caen a la misma velocidad en el vacío. Asimismo, definió el movimiento uniformemente acelerado como aquel que, partiendo del reposo, adquiere incrementos de velocidad iguales en tiempos iguales, y enunció de nuevo la ley de la velocidad media, que como vimos ya era familiar entre los estudiosos del Merton College en el siglo XIV. La ley de Merton plantea que el tiempo en que una distancia es recorrida por un cuerpo con velocidad uniformemente acelerada, es igual al tiempo en el que el mismo espacio sería recorrido por el mismo objeto a velocidad uniforme igual a la velocidad media (véase la imagen VII.7.).

Una pregunta que se han hecho los filósofos de la ciencia es cómo llegó Galileo a estas conclusiones. Existen respuestas con supuestos e implicaciones distintas sobre la idea de la ciencia galileana. Algunos sostienen que Galileo tuvo acceso a las ideas de pensadores medievales, en especial de la Universidad de París y de la tradición mertoniana, y a partir de estos autores construyó sus propias teorías. No podemos olvidar que desde el final de la Edad Media los estudiosos del Merton College y de la Universidad de París elaboraron propuestas alternativas a la explicación aristotélica del movimiento. Conceptos como la *resistencia interna*, el *impetu*, así como el tratamiento cuantitativo de la locomoción suponen tomar distancia de las tradicionales explicaciones de Aristóteles sobre el tema.

Puede resultar interesante la demostración del teorema que hizo Nicolás Oresme, profesor de la Universidad de París, debido al uso de herramientas cercanas a la representación en un sistema de coordenadas cartesiano y a la similitud conceptual con demostraciones basadas en el cálculo integral. Oresme desarrolló un método representativo que permitió describir diferentes velocidades, cuyas intensidades podían mostrarse como función del tiempo por medio de líneas de diferentes longitudes. Como resultado obtuvo

IMAGEN XV.1. *La ley de Merton y el método de Galileo*



Esquema de la demostración de la ley de Merton por parte de Nicolás Oresme (izquierda). Las líneas horizontales (AB y FG) representan el tiempo y las líneas verticales (AC y DE) registran velocidades. El área encerrada indica la distancia total recorrida en un movimiento uniformemente acelerado. A la derecha se muestra el método geométrico usado por Galileo para demostrar la relación entre la distancia recorrida y el tiempo en un movimiento uniformemente acelerado. Es evidente la similitud de los métodos demostrativos, ya que podemos ver la misma figura obtenida por Oresme, pero invertida, con el tiempo representado por la línea AB y la distancia por las líneas horizontales EB y GA.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

figuras geométricas y las áreas encerradas por estas dieron información sobre las distancias recorridas[5].

A simple vista parece evidente la similitud de las demostraciones (véase la imagen XV.1.). Para quienes sostienen que la ciencia de Galileo tiene deudas fundamentales con pensadores medievales, las ilustraciones parecen indicar que este adoptó el teorema de la velocidad media y reprodujo su demostración, como resultado de una simple reinterpretación de la figura medieval. Dejemos a los expertos el debate de hasta qué punto Galileo se nutrió de las ideas de Oresme y de otros; pero por lo menos es necesario reconocer que Galileo no estuvo solo en la tarea de buscar nuevas formas de entender la locomoción y que gran parte de las ideas que se le atribuyen no fueron extrañas para ciertas tradiciones del pensamiento medieval.

Para otros, los experimentos con péndulos y planos inclinados, a pesar de las dificultades técnicas, fueron el método empírico que le permitió a Galileo corroborar todas sus conjeturas. Existen varios relatos sobre experimentos

[5] No podemos olvidar que tales estudios tenían un alcance inmensamente más amplio que como se entendería en la actualidad el movimiento, pues en el marco aristotélico, con el cual trabajaron los autores medievales, se consideraba el movimiento como una de las cuatro formas de cambio (sustancia, cualidad, cantidad y lugar), mientras que Galileo se limitó al tratamiento del movimiento local como cambio de lugar.

geniales que llevaron a Galileo a concluir sus proposiciones sobre el movimiento. El más conocido nos habla sobre cómo Galileo, en la torre inclinada de Pisa, en contra de las expectativas de todos los observadores, dejó caer objetos de distinto peso para mostrar que sus velocidades no variaban, así habría confirmado una de sus más famosas leyes. Estas conclusiones de Galileo no coinciden con el tiempo en que vivió en Pisa y el papel de este y otros experimentos en su obra resulta polémico.

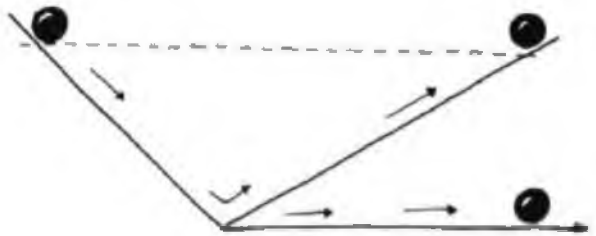
Entre los experimentos más conocidos de Galileo, y de los cuales tenemos certeza de que se llevaron a cabo, están los que realizó con planos inclinados. Sus experimentos con esferas rodando sobre planos inclinados son sin duda genialidades de un virtuoso experimentalista. Para corroborar su hipótesis, y ya que la caída libre de un cuerpo ocurre de manera muy rápida y no podía medirse con los instrumentos de la época, Galileo recurrió a experimentos con planos inclinados en los que pudo atenuar la velocidad de la caída de las esferas de plomo con solo ajustar el ángulo del plano. Con el uso de ampolletas, relojes hidráulicos o con el ritmo de sus propias pulsaciones, Galileo trató de calcular los tiempos en los cuales rodaban esferas de distintos pesos (véase la imagen XV.2.).

Galileo estaba convencido de que, en un espacio libre de aire, dos cuerpos en caída libre recorrerían distancias iguales en el mismo tiempo sin importar su peso. Este supuesto, que asumía la existencia del vacío, hubiera sido absurdo e impensable dentro del pensamiento aristotélico, en el cual la creación de un espacio sin materia es una absoluta contradicción. Si bien Galileo tuvo que admitir la resistencia del aire al formular sus teorías sobre la caída libre de los cuerpos, argumentó que en un espacio ideal, sin resistencia alguna, los cuerpos caerían al mismo tiempo si eran soltados desde una misma altura. El uso de péndulos, de manera similar, le permitió a Galileo refutar una vez más la idea de que la velocidad es proporcional al peso e inversamente proporcional a la resistencia. Sin embargo, este tipo de experimentos en los que se asumen conceptos como el vacío y la falta de resistencia es poco probable que arrojen resultados contundentes y su interpretación responde a modelos matemáticos, cuya verificación empírica está sujeta a fuertes supuestos teóricos.

Quienes han querido darle a la ciencia galileana un fundamento experimental, argumentan que de esta manera Galileo comprobó su ley sobre cuerpos en caída libre y descubrió que su movimiento es uniformemente acelerado. También se argumenta que el plano inclinado llevó a Galileo a pensar el movimiento parabólico como la suma de un movimiento horizontal y uno vertical por completo independientes.

Sin embargo, Galileo no fue un hombre dado a realizar sus experimentos en público y prefirió convencer mediante escritos. Muchos de los experimentos que se le atribuyen cumplen una función más argumentativa y retórica que fundamental, y sus conclusiones no tendrían un carácter inductivo desde

IMAGEN XV.2. *Experimentos de Galileo con el plano inclinado*



Sin resistencia del medio y sin rozamiento, una esfera que rueda por un plano inclinado debería alcanzar la misma altura en un segundo plano con la misma inclinación; en la medida en que se disminuye el ángulo de inclinación, la esfera llegaría más y más lejos. Sin inclinación, sobre un plano horizontal, la esfera rodaría eternamente.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

el punto de vista empírico. Los experimentos de Galileo deben entenderse en la mayoría de los casos como "experimentos mentales", que solo se realizaron en el ámbito teórico. En el caso de las esferas rodando sobre planos inclinados es imposible observar su comportamiento sin resistencia y nadie jamás podría ser testigo directo de una esfera que se mueve por siempre. Es decir, son experimentos que logran persuadir al observador sobre una situación hipotética, y que desde un principio buscan coincidir con la teoría. Es así como la idea de que el trabajo experimental de Galileo fue un pilar fundamental para el surgimiento de la ciencia moderna enfrenta problemas, no solo históricos sino epistemológicos, que serán objeto de mayores reflexiones cuando discutamos la idea de método, ya bien sea dentro de tradiciones racionalistas o empiristas. Como vemos, tanto el Galileo de los experimentos como el platónico suponen, respectivamente, la interpretación empirista y racionalista de la ciencia moderna.

INERCIA

Galileo, junto con Descartes, fue uno de los pioneros en el desarrollo de una de las nociones fundamentales de la física moderna: la idea de inercia. Sin embargo, debemos evitar confundir la visión galileana de la inercia con aquella que se enseña en los manuales de física y que plantea que, sin importar la causa, el movimiento es perpetuo a menos que sea afectado por una fuerza exterior, es rectilíneo y puede ocurrir en cualquier dirección. Aunque

algunos de los planteamientos de Galileo se acercan a la visión moderna de inercia, existen otros que toman distancia de esta y que no podemos pasar por alto.

Para explicar la aceleración observable de un objeto en caída libre, Galileo adoptó una noción conocida como *ímpetu*, que ya había aparecido en las explicaciones medievales para ciertas formas de movimiento que encontraban dificultades dentro del marco teórico de la filosofía aristotélica. El ímpetu se entendía como una fuerza impartida por el motor (una mano o un arco, por ejemplo) al proyectil (una piedra o una flecha) y explicaba por qué era posible que el objeto lanzado mantuviera su movimiento incluso después de perder contacto con el motor que inicialmente había causado su movimiento. En particular, Galileo incluyó dentro de su explicación la idea de un ímpetu impreso en el momento en que era puesto en movimiento el objeto, pero con la propiedad de consumirse por cuenta propia.

Para Galileo, el "movimiento inercial" solo podía ocurrir en objetos que se mueven en distancias cortas y cerca de la superficie de la Tierra. En la física galileana, los objetos ganan o pierden velocidad a medida que se acercan o se alejan del centro de la Tierra. De esta manera, en distancias horizontales cortas, como en sus experimentos sobre el movimiento de proyectiles, se podía considerar que un cuerpo se mantenía a la misma distancia de la superficie de la Tierra con un movimiento uniforme, y por lo tanto nuestra visión de inercia se podría aplicar en esos casos. Sin embargo, Galileo no estaba dispuesto a aceptar esto como un principio universal. El movimiento eterno en línea recta era contrario a la experiencia y difícil de aceptar dentro de la tradicional idea de una gran esfera celeste. Para Galileo, el movimiento rectilíneo es un movimiento violento o forzado y por lo tanto debe tener un fin: restaurar el orden natural del mundo. Si algún movimiento en la naturaleza es uniforme y perpetuo, diría Galileo, este sería el movimiento circular.

> No hay duda de que para mantener la disposición óptima y el orden perfecto de las partes del universo, en lo que respecta a la situación local, no existe más que el movimiento circular y el reposo. Pero en cuanto al movimiento rectilíneo, no veo que pueda servir más que para devolver a su ubicación natural a algún fragmento de alguno de los cuerpos integrales que por algún accidente hubiese sido apartado y separado de su todo [...][6].

Estas ideas de Galileo sobre el movimiento circular aparecieron veinte años después de que Kepler hubiera publicado su *Astronomia nova* y sus leyes de movimiento planetario con órbitas elípticas. El rechazo de Galileo por este tipo de ideas muestra su dificultad de abandonar la idea de movimiento circular.

[6] Galilei, *Le opere di Galileo*, 69.

No obstante, Galileo tomó distancia con la noción aristotélica de un movimiento rectilíneo en la zona terrestre y un movimiento circular perfecto en la zona celeste. Para Galileo, el movimiento circular uniforme es el movimiento natural de todos los objetos; todo movimiento natural es circular, eterno y uniforme. Según su principio de inercia, si la superficie terrestre fuera perfectamente lisa y no ejerciera resistencia, una esfera a la cual se le imprimiera movimiento rodaría alrededor de la Tierra de manera indefinida.

Si bien esta idea de inercia no es la misma de la física newtoniana, es un componente fundamental para darle sentido al movimiento de la Tierra. En su defensa del movimiento terrestre, de manera genial, en el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo*, Galileo hizo uso del símil de un barco en movimiento y recreó experiencias posibles como, por ejemplo, en el caso de que dejáramos caer una piedra desde la punta del mástil de un barco en movimiento, e ignoráramos la resistencia del viento, la piedra caería en la base de este. En el mismo orden de ideas, describió cómo en uno de los camarotes se observarían gotas que caen en un recipiente, mariposas y moscas que vuelan, peces que nadan en una pecera, fenómenos, en fin, que mostrarían que a pesar de estar en movimiento no se aprecian los desastres que parece suponer un fenómeno similar en una Tierra en movimiento.

Para percibir el movimiento de la Tierra tendríamos entonces que detener la Tierra. Estas repetidas "experiencias" o "trucos psicológicos" que nos invitan a pensar en la Tierra como un barco son persuasivos, pero no son experiencias directas; sabemos muy bien que la Tierra no es un barco. Sus experimentos fueron sin duda geniales y centrales para su trabajo, pero no el origen de sus ideas y tampoco suficientes para sustentar sus argumentos en el ámbito de la filosofía natural. El arte de argumentar es sin duda una virtud galileana que va más allá de la realización de observaciones, y por lo mismo su forma de escritura merece un breve comentario.

Los diálogos galileanos

Ya hemos dicho que la figura de Galileo ha sido usada para defender las distintas visiones de la ciencia moderna, sus fundamentos y sus alcances. Estos debates encuentran una justificación no solo en los contenidos mismos de su ciencia y en la relación con la ciencia moderna, sino en la forma en la cual Galileo publicó sus resultados, dando lugar a diversas interpretaciones por parte de los estudiosos de los siglos posteriores. En sus dos obras principales, el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* y *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*, recurre al estilo literario del diálogo.

En ambos textos pone en escena a tres personajes ya famosos en la historia de la ciencia. En primer lugar está Sagredo, un ciudadano inteligente

y de mente abierta que está en capacidad de entender los argumentos que presenta Salviati, quien a su vez encarna la voz de Galileo. Por otro lado, está Simplicio, que, como su nombre lo indica, es un hombre simple, no muy brillante y aferrado al sistema aristotélico y a un aparente ingenuo sentido común. Simplicio es el portavoz del aristotelismo y es fiel a la filosofía escolástica de la cual pretendía separarse Galileo. Sagredo, por su lado, desempeña un papel de enorme importancia ya que muestra la comprensión y asimilación de la nueva astronomía por parte de un hombre común.

Es posible encontrar varias ventajas en el diálogo como estilo literario escogido por Galileo para divulgar su pensamiento. Al hablar por medio de su portavoz, Salviati, Galileo pudo sostener sus opiniones con un menor riesgo de entrar en confrontaciones directas con la Iglesia, en especial en asuntos referentes al papel y el lugar que ocupa la Tierra en el universo. Además, publicar los diálogos en italiano y no en latín, como hemos dicho, resultaba ser una estrategia eficiente para llegar a un nuevo y más amplio público.

Observaciones telescópicas

En 1609, mientras Galileo se ocupaba del problema del movimiento, un nuevo aparato se robó su atención y buena parte de su tiempo y trabajo. Galileo tuvo conocimiento de un artefacto que permitía ver hasta tres veces más cerca los objetos lejanos. Naturalmente, estas noticias capturaron su atención y muy pronto se puso en la tarea de construir sus propios aparatos con mejoras considerables. El telescopio y el uso que Galileo le dio a este fue uno de los motivos de su notoriedad y reputación como hombre de ciencia. Galileo no fue el inventor del telescopio, pero sí se convirtió en un hábil fabricante de lentes y catalejos, cada vez más sofisticados y poderosos, y fue uno de los primeros en hacer uso de este instrumento con fines astronómicos. Sin duda, Galileo sería el primero en ver en el cielo evidencia de la veracidad del sistema copernicano.

Identificar una fecha y un inventor del telescopio no es posible y tampoco es nuestra preocupación. Como el mismo Galileo reconoció, el primer inventor del telescopio fue un simple fabricante de anteojos, quien descubrió el efecto que produce la combinación de lentes cóncavos y convexos. La historia más conocida nos dice que fue un fabricante de anteojos en Holanda llamado Hans Lippershey, quien cerca del año 1600 halló una combinación correcta de un lente cóncavo y uno convexo que permitía aumentar el tamaño de los objetos lejanos. En todo caso, aunque Galileo no fue el inventor del telescopio, su uso del mismo fue único, y podemos decir que Galileo vio y le mostró al mundo un cielo nunca antes visto.

Nos interesa comentar aquí sus observaciones astronómicas, pero su poder de persuasión sobre las bondades del telescopio no se limitó a asuntos

IMAGEN XV.3. Sidereus nuncius, *Galileo Galilei, 1610, Observatorio Astronómico di Brera*

FUENTE: "Sidereus, nuncius magna longeqve admirabilia spectacula", *Wikimedia Commons*, última modificación 27 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/cw2q

celestes. Galileo hizo demostraciones públicas desde la torre de Venecia, presentando usos prácticos y militares del telescopio, el cual permitía ver naves en el horizonte que eran imperceptibles a simple vista.

Veamos algunas de las conclusiones astronómicas a las que llegó con este artefacto, así como las implicaciones que pudieron tener en su momento. Sus observaciones no fueron simples datos, sino interpretaciones, argumentos y en su mayoría objeciones a la cosmología de Aristóteles. Para Galileo, las observaciones hechas con su telescopio demostraban que el firmamento y los cuerpos celestes no eran por ningún motivo más perfectos y superiores que la Tierra, como lo suponía la visión tradicional aristotélica. En *Sobre el cielo*, Aristóteles escribe: "En todo tiempo pasado, hasta donde alcanzan nuestros registros, no parece haber tenido lugar ningún cambio ni en el esquema del cielo superior como un todo ni en ninguna de las partes que le son propias"[7]. Galileo encontró manchas en el Sol, así como valles y montañas en la Luna, cuyas alturas calculó observando la sombra que producían. Asimismo, vio que la Vía Láctea contenía muchas estrellas fijas y observó la presencia de la nebulosa de Andrómeda. En cuanto a los planetas,

[7] Aristóteles, *Acerca del cielo*, I, 4.270b, citado en Lindberg, *Los inicios*, 85.

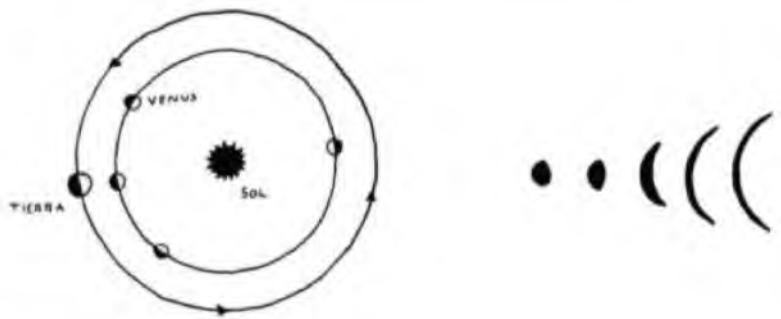
Galileo detectó cambios en la forma de Venus: fases similares a las de la Luna, y descubrió algunos de los satélites de Júpiter.

En oposición a la presunta perfección esférica de los cuerpos celestes compuestos de éter, tal y como deberían ser según las enseñanzas de la filosofía natural de Aristóteles, Galileo vio, y tal vez exageró, una superficie lunar irregular con valles y montañas no muy distintos a los terrestres. Sus dibujos, manufacturados con bastante precisión y realismo, no son simples copias de la realidad, son argumentos que tuvieron un propósito muy claro: cuestionar las ideas de la cosmología tradicional.

Otra observación en favor del copernicanismo reside en sus observaciones de Venus. A simple vista, Venus es un bello y conspicuo punto luminoso cuya figura parece estable. Por el telescopio, Venus presenta cambios en su forma, fases similares a las de la Luna. La explicación de Galileo para este fenómeno fue que el planeta se encuentra entre una órbita entre el Sol y la Tierra.

Galileo no fue el primero en notar manchas sobre el Sol, otros ya habían discutido sobre si estas eran "nubes", satélites o cuerpos lejanos del Sol. Galileo, una vez más, lo que vio en estas manchas, las cuales siguió de manera sistemática, fue una prueba más en contra de Aristóteles. Estas manchas que cambian de forma y tamaño, para Galileo, estaban sobre la superficie solar y eran evidencia de un Sol en permanente cambio y movimiento.

IMAGEN XV.4. *Las fases de Venus desde la Tierra*



En este esquema se explica por qué desde la Tierra se pueden ver las fases de Venus: debido a la rotación de ambos planetas alrededor del Sol y a que Venus está en una órbita más cercana a este que la Tierra es posible ver desde la Tierra regiones de Venus a las que no llega la luz del Sol.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

IMAGEN XV.5. *Lunas de Júpiter*

Con su telescopio y un detenido seguimiento de pequeños cuerpos celestes cercanos al planeta, Galileo señaló la existencia de lunas girando alrededor de Júpiter. La existencia de satélites girando alrededor de un planeta sería inexplicable en el marco de la cosmología de Aristóteles y una prueba más a favor de la teoría heliocéntrica.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Aún más contundente, si reconocemos lo visto por Galileo, es su fantástico descubrimiento al apuntar su telescopio a Júpiter y seguirlo con detenimiento: cerca del planeta pudo apreciar pequeños cuerpos luminosos. Lo que para otro hubiera podido ser simplemente la observación de pequeñas "estrellas" independientes del planeta, para Galileo sería uno de sus más notables descubrimientos. Como resultado de una observación detallada, Galileo se dio cuenta de que estos objetos cambiaban de posición y nunca se alejaban del planeta, lo seguían. Más sorprendente e importante era que estos cuerpos giraban alrededor de Júpiter, como lunas. ¿Qué explicación posible ofrecería un aristotélico a cuerpos celestes que giran alrededor de otros cuerpos celestes que no son el centro del universo?

Además de ello, en *El mensajero sideral*, Galileo afirma que existen innumerables estrellas, antes desconocidas. La gran banda de puntos luminosos, la Vía Láctea, explica Galileo, está compuesta de aglomerados de innumerables estrellas.

Hoy estas observaciones y estos argumentos nos parecen irrefutables; sin embargo, en su época este tipo de conclusiones fueron debatidas con vehemencia. Para muchos, donde Galileo veía manchas solares, montañas lunares y satélites, otros solo veían imperfecciones del aparato y sus lentes. En su momento, ver la obra de Dios por medio de un objeto creado por el hombre traía deformaciones y la manera correcta de ver el mundo seguiría siendo, para muchos, el ojo humano. ¿Cómo era posible que un artefacto hecho por el hombre pudiera mostrarnos un mundo más real del que vemos con nuestros ojos?, ¿por qué Dios nos habría dado una visión imperfecta de manera que tuviéramos que usar un instrumento para ver el mundo de manera correcta?

IMAGEN XV.6. *Manchas solares,*
Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari, *Galileo Galilei, 1613*

Dibujo de Galileo basado en observaciones telescópicas de las manchas solares vistas por él en 1612. Esta clase de observaciones atentaba contra la perfecta esfericidad de los cuerpos celestes asumida por los filósofos aristotélicos.

FUENTE: © 2010-2015 Museo Galileo, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florencia, Italia.

Su aparato y sus hallazgos son sin duda espectaculares e hicieron de Galileo una verdadera celebridad. La publicación de estas novedades en *El mensajero sideral* fue un episodio definitivo para la carrera de Galileo. Los satélites de Júpiter fueron presentados al mundo como las "estrellas de los Medici". Esta era, desde luego, una manera de honrar y enaltecer a sus mecenas florentinos.

De cualquier manera, las observaciones astronómicas hechas por Galileo reforzaron sus argumentos copernicanos; y no menos importante, definieron su lugar privilegiado en la corte. Sus hallazgos lo hicieron famoso y notable, pero dicha fama fue de doble filo, pronto atrajo la atención de muchos, entre ellos, poderosos enemigos que hicieron ver a Galileo como un

IMAGEN XV.7. *Portada de* Sidereus nuncius, *Galileo Galilei, 1610, Observatorio Astronómico di Brera*

FUENTE: "Sidereus Nuncius 1610.Galileo", *Wikimedia Commons*, última modificación 17 de octubre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/anzS.

pensador peligroso y en conflicto con la autoridad de una Iglesia, que se vio obligada a tomar partido, prohibiendo la circulación de su libro y condenando a prisión a su autor.

El juicio de Galileo

La vida de Galileo, en particular su juicio, ha sido dramatizado y se ha convertido en un episodio con un sentido simbólico de gran importancia en la historia cultural europea[8]. La idea de que la vida de Galileo fue una lucha trágica de la "razón iluminada" contra la fe ciega y el dogmatismo ha formado parte de nuestra visión de la ciencia moderna y sus fundadores. Pero lo cierto es que Galileo no fue un rebelde marginado. Por el contrario, tuvo el respaldo de los más poderosos: los Medici en Florencia, y la admiración y el respeto de

[8] La obra del dramaturgo alemán Bertolt Brecht, *Galileo Galilei*, sin duda ha contribuido a divulgar la imagen de mártir del pensamiento revolucionario.

importantes miembros de la Iglesia, entre ellos, el mismo papa Urbano VIII. Galileo tuvo una relación cercana con el papa, a quien visitó en Roma y quien le dio su venia —de acuerdo con Galileo— para publicar el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo*, con la salvedad de que el sistema copernicano se mantuviera en un nivel hipotético.

Como lo ha hecho evidente Mario Biagioli, para entender la importancia de Galileo es necesario explicar la naturaleza de sus relaciones con el mundo cortesano. Una buena y fundamental etapa de su vida estuvo regida por sus funciones como matemático y filósofo al servicio del Gran Duque de Toscana. Su identidad, su reputación y su credibilidad solo se pueden entender en función de sus relaciones con la corte de los Medici[9]. Así mismo, la idea de que la Iglesia estaba en contra del sistema copernicano debe mirarse con un poco más de cuidado. Algunos de sus miembros, incluyendo al papa, reconocían las virtudes del sistema como un modelo interpretativo y fueron conscientes de la complejidad del problema.

Quienes de manera más vehemente atacaron y denunciaron a Galileo no fueron únicamente defensores del dogma cristiano, sino de manera especial los seguidores del modelo aristotélico en las universidades. Arthur Koestler, en su libro *Los sonámbulos*, dice al respecto que la resistencia a las nuevas ideas no proviene, como uno esperaría, de los más ignorantes sino de los académicos que tienen el monopolio del conocimiento[10]. Los profesores universitarios fueron quienes utilizaron las Sagradas Escrituras para defender a Aristóteles y quienes acusaron a Galileo de herejía, obligando a la Iglesia a tomar partido.

Galileo empezó una defensa del sistema copernicano aduciendo argumentos que ya habían sido usados por Kepler. Sostuvo que ciertos pasajes de la Biblia no deberían ser tomados de forma literal porque esta había sido escrita en un lenguaje para la gente común y sin educación. Un ejemplo de uno de los pasajes bíblicos más discutidos fue el milagro que hizo Josué al detener el movimiento del Sol. Aunque para muchos teólogos era un fuerte argumento del movimiento del Sol alrededor de la Tierra, Galileo argumentó que al decir que el Sol se detiene, realmente se quería decir que la Tierra detuvo su rotación alrededor de su eje.

El verdadero conflicto de todo este drama fue el hecho de que Galileo llevó su discusión astronómica al terreno de la teología y comenzó a hacer serias afirmaciones como, por ejemplo, que nadie podía decir que la Biblia contiene más conocimiento en geometría, astronomía, música y medicina que los libros de Arquímedes, Ptolomeo o Galeno. Si recordamos las prohibiciones del siglo XIII y el sostenido esfuerzo de la teología por defender su autoridad, materializadas en tiempos de Galileo con los decretos del Concilio

[9] Mario Biagioli, *Galileo Courtier* (Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1993).
[10] Koestler, *The Sleepwalkers*, 433.

de Trento, como veremos más adelante, es claro que Galileo era un autor "peligroso". Asimismo, Galileo puso a los teólogos en una situación difícil al alegar que para condenar una proposición debería demostrarse su falsedad. De esta manera, Galileo no se veía obligado a demostrar la veracidad del sistema copernicano y sí retaba a los teólogos a que comprobaran la falsedad de sus tesis.

En todo caso, aunque Galileo parece subestimar a sus contendores y los considera "Simplicios", su propuesta heliocéntrica también contiene objeciones difíciles de superar. La ausencia de exactitud en el sistema de epiciclos y órbitas excéntricas de Copérnico, la debilidad del razonamiento acerca de que las mareas son causadas por el movimiento de la Tierra, y la ausencia de paralaje en las estrellas fijas fueron razones fuertes y no religiosas para pensar que el sistema heliocéntrico de Galileo carecía de argumentos contundentes.

El 23 de febrero de 1616 el Santo Oficio expidió un decreto en contra del sistema copernicano, en el cual prohibió la defensa de dos puntos en particular. En primer lugar, que el Sol es inmóvil y está en el centro del universo y, en segundo lugar, que la Tierra se mueve alrededor de este y tiene rotación diaria sobre su eje. Este tipo de tesis, aseguró la Inquisición, solo podía discutirse de manera hipotética.

Aunque de ahí en adelante Galileo trató de presentar sus teorías como hipótesis, el Santo Oficio consideró lo contrario y lo sentenció, aduciendo que su obra atentaba contra la autoridad de la Iglesia. El argumento en su defensa de que en el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* no se toma una posición firme a favor de uno u otro sistema fue poco creíble; resulta obvio que la defensa del sistema aristotélico es ridiculizada. En su obra, el portavoz del geocentrismo y los puntos de vista aristotélicos los representa Simplicio, sin duda, el menos audaz de los interlocutores. Pero más problemático para Galileo fue que esta imagen de Simplicio y la defensa ingenua de la cosmología tradicional fácilmente se pueden identificar con la posición de los profesores universitarios y de la Iglesia, incluido el papa.

El argumento central a favor del movimiento terrestre en el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* parecen ser las mareas, el cual hoy se considera incorrecto e incluso contradictorio con el sistema inercial, que defendió en sus ejemplos del movimiento en un barco. Sin embargo, el punto central aquí no es si Galileo tuvo razón o no en este punto en particular, sino en la naturaleza de sus argumentos, los cuales fueron físicos, empíricos o matemáticos pero ciertamente no teológicos. En Roma, el 12 de abril de 1633, Galileo compareció, a la edad de 69 años, ante el Santo Oficio para dar cuenta de las ideas defendidas en la obra en mención. Allí justificó el modelo heliocéntrico, ridiculizó el geocentrismo y, con él, la física de Aristóteles, y de cierta manera las Sagradas Escrituras y los fundamentos filosóficos del cristianismo.

Años antes, en 1616, el cardenal Belarmino, inquisidor del Santo Oficio —el mismo que había dirigido el proceso contra el filósofo Giordano Bruno, quien fue quemado vivo en la hoguera— ya había amonestado a Galileo por tratar de defender las ideas de Copérnico y por poner en duda la representación tradicional del mundo. Con este precedente, el 22 de junio de 1633, después de uno de los juicios más célebres de la historia, Galileo fue obligado a pronunciar de rodillas la abjuración de su doctrina ante la comisión de inquisidores. A pesar de su cercanía con el papa Urbano VIII, y pagando el precio de su fama como matemático de la corte, Galileo fue condenado a vivir bajo arresto domiciliario por el resto de su vida. La leyenda, sin justificación confiable, dice que Galileo, una vez se retractó de su defensa de la teoría de Copérnico, murmuró "Eppur si muove" (Pero se mueve).

El juicio de Galileo se ha convertido en un episodio con un notable sentido simbólico para la historia de la ciencia y para la historia cultural europea, y no han sido pocas las interpretaciones que se le han querido dar. Tal vez la más notoria es ver en este episodio un ejemplo de la confrontación entre religión y ciencia, el pensamiento libre y racional que se enfrenta al dogma y la autoridad. Sin duda, aquí se exhiben los conflictos entre una cosmología cristiana fundada en la filosofía aristotélica y la cosmología copernicana, pero como lo han mostrado recientes estudios[11], los eventos de 1633 son un claro resultado de las tensiones que se vivían dentro de la sociedad cortesana barroca en la cual estaban en juego las opiniones de Galileo, así como el prestigio de sus amigos, patrones y enemigos. Los debates cosmológicos y físicos son debates sobre la autoridad política y religiosa. Lo que estaba en juicio no era si Copérnico estaba en lo cierto o no, sino la autoridad de la Iglesia y su justificación filosófica. Es decir, la teología, que, como vimos, por siglos había construido su supremacía sobre la filosofía.

Galileo vivió en un periodo en el cual la Iglesia católica debió afinar sus mecanismos de defensa frente a los ataques del protestantismo. El Concilio de Trento fue un esfuerzo más por poner orden a la autoridad católica y definir las reglas y los límites de los debates teológicos. El control político e ideológico de la Iglesia tuvo múltiples mecanismos y, como lo hemos visto, a lo largo de la Edad Media encontramos un complejo esfuerzo por combatir los "errores" de la filosofía, la cual, al lado de todas las ciencias, debía estar subordinada a la máxima autoridad de la teología. En términos más prácticos, el control se expresó, por ejemplo, en las labores de la Inquisición y en la creación de un índice de libros prohibidos, el cual fue creado por Pablo IV en 1559.

Para 1563, el Concilio estableció mecanismos y reglas para la evaluación de los libros y el índice se transformó en un poderoso instrumento de control y censura. Entre los autores prohibidos estaban Bernardino Telesio, Pietro

[11] Véase Biagioli, *Galileo Courtier*.

Pomponazzi, Tommaso Campanella, Giambattista della Porta, Giordano Bruno y Francesco Pucci, estos dos últimos fueron condenados a morir en la hoguera. Las prohibiciones y actos de censura de libros o autores generaron un complejo debate que, podríamos pensar, se convirtió en un arma de doble filo. Los vetos tenían que tener una justificación, implicaban procesos y juicios, y por lo mismo fueron objeto de reflexión y debate, los cuales, a su vez, como en el caso de Galileo, tuvieron consecuencias importantes en la historia, no solo de la Iglesia sino de la cultura europea.

Algunos de los decretos del Concilio de 1546 son relevantes aquí, pues determinaron, por un lado, cuáles libros antiguos debían considerarse canónicos, es decir, cuáles estaban inspirados por el Espíritu Santo y por ende eran verdades incuestionables. Por otro lado, el Concilio decretó la autenticidad de *La Vulgata*, la versión latina de la Biblia traducida por san Jerónimo en el siglo IV. Este texto revisado con la activa participación del cardenal Belarmino se publicó en 1592. Dicha versión, conocida como la *Clementina*, se convirtió en la Biblia oficial del catolicismo.

Tal vez vale la pena recordar los términos del primer decreto del 8 de abril de 1546:

> El Concilio también afirma claramente que estas verdades y reglas están contenidas en los libros escritos y en las tradiciones no escritas que, recibidas por los apóstoles de labios del propio Cristo o de los propios apóstoles, dictadas por el Espíritu Santo, han llegado hasta nosotros transmitidas de mano en mano. Siguiendo, pues, el ejemplo de los padres ortodoxos, recibe y venera con el mismo sentimiento de piedad y reverencia todos los libros del Antiguo y Nuevo Testamentos, pues el mismo Dios es el autor de ambos, y también las propias tradiciones, cuando se relacionan con la fe o la moral, como habiendo sido dictadas ya sea oralmente por Cristo o por el Espíritu Santo, y preservadas en la Iglesia católica en una sucesión ininterrumpida[12].

El texto no solo defendió la supremacía de la teología, sino que fue una clara reacción contra las tesis de Lutero, quien sostenía la idea de que la revelación y la salvación se pueden leer en las Escrituras sin necesidad de mediadores. También fue un tiempo en el cual emergieron órdenes religiosas que desempeñaron un papel clave en estos debates teológicos, en especial la orden de los jesuitas. En términos de uno de sus pensadores más importantes, Suárez, se defendió la autoridad católica de acuerdo con el principio escolástico de que la filosofía debía ser cristiana y "servidora de la divina teología". Es cierto que en la orden hubo una larga historia de trabajo intelectual y científico, pero no podemos olvidar que el fin último era llegar a una verdad

[12] Citado en Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, editado por Antonio Beltrán (Madrid: Alianza Editorial, 1994), XV.

única, a una sola autoridad. Su fundador, san Ignacio de Loyola, afirmó: "Debemos siempre tener este principio para en todo acertar, que 'creer que lo blanco que yo veo es negro' si la Iglesia hierárquica así lo determina"[13].

Es oportuno recordar los planteamientos de los grandes padres de la Iglesia en este respecto. San Agustín, san Anselmo o santo Tomás, por caminos distintos, llegaron a conclusiones similares sobre la necesidad de subordinar la filosofía a la teología. Las prohibiciones de 1277 (mencionadas en el capítulo VI), que tuvieron el propósito de erradicar los "errores" de la filosofía, fueron un esfuerzo directo por subordinar la filosofía a una ciencia superior. Allí la idea de *error* era equivalente a la de *herejía*, y por lo mismo, objeto de castigo. Como sabemos, los castigos en muchos casos fueron de una severidad aterradora e incluyeron la tortura o la quema en la hoguera de personas vivas. El estatus superior de la teología, como lo hemos señalado, también se observó en la estructura de la universidad, en la cual las artes liberales constituían un nivel preparatorio para estudios más avanzados, como los de derecho, medicina y teología.

De manera que el debate ideológico y filosófico propio de la época en que Galileo vivió fue una profunda contienda de autoridad, en la cual estuvo en juego la jerarquía de las disciplinas. La "arrogancia", el "crimen" de Copérnico o de Galileo fue el de equiparar los argumentos filosóficos, matemáticos o físicos, a los asuntos metafísicos y teológicos. Para empezar, lo que hizo Galileo fue mostrar el sentido hipotético, teórico y por lo mismo discutible de la teoría geocéntrica, la cual, si se es firme con los supuestos de la cosmología cristiana, no era entendida como una teoría sino como una verdad. Este fue el conflicto real: Galileo estaba diciendo que la experiencia y la razón podían controvertir una verdad teológica.

Galileo formó parte, sin lugar a dudas, de una época en la cual el pensamiento científico y las preguntas sobre el mundo estaban cambiando y la tradición aristotélica estaba siendo cuestionada. Una manera de describir los cambios, y si se quiere los nuevos paradigmas, fue el hecho de que la física moderna abandonó la pregunta sobre las causas y se limitó a describir el movimiento de forma matemática. Esto supuso abandonar las preguntas centrales de la teología, a saber, las cuestiones sobre la causa primera. Sin embargo, las teorías y explicaciones de Galileo aún conservaron un fuerte componente aristotélico y, aunque es un pilar fundamental en el surgimiento de la ciencia moderna, sería un error presentarlo como un opositor radical de la tradición antigua.

El verdadero interés de Galileo fue propagar la revolución intelectual inaugurada por Copérnico, así como darle un sustento físico que la hiciera plausible. Esto nos explica por qué Galileo, a diferencia de Kepler, no solo se

[13] Ignacio de Loyola, *Ejercicios espirituales y Directorio y documentos* (Barcelona: Balmes, 1958), 220-221.

interesó por el análisis matemático de la astronomía y se ocupó de hacer observaciones cualitativas con su telescopio. Cualquier persona con un telescopio y algo de práctica estaba en capacidad de "ver" las lunas de Júpiter, las fases de Venus y las montañas de la Luna, pero solo unos pocos reconocieron en los hallazgos de Galileo pruebas a favor de la teoría heliocéntrica. Además, el hecho de que algunas de sus obras estuvieran escritas en italiano en vez de latín, y que explicara sus ideas en forma de diálogo, las hacía accesibles a un público mucho más amplio. De esta manera, Galileo se convirtió en un emisario efectivo, mucho más que cualquier otro de sus contemporáneos, a la hora de propagar el sistema copernicano entre los hombres de su época. Galileo llevó pruebas simples a un público distinto.

El debate cosmológico, remover la Tierra del centro de universo y ponerla en movimiento, es de por sí un asunto mayor; pero junto con la pintura del universo, lo que se estaba reconfigurando era la legitimidad de una nueva forma de hacer filosofía. Los grandes cambios del siglo XVII fueron cambios sobre quién tenía la autoridad para hablar por los demás, quién era el portavoz de la verdad. Esta nueva forma de argumentar no era la de un individuo en solitario. En lo que sigue nos ocuparemos de los grandes debates epistemológicos y los contextos en que, poco a poco, se consolidó una nueva autoridad filosófica que se asocia con la idea de ciencia moderna.

Capítulo XVI
EMPIRISMO: GILBERT, BACON Y BOYLE

Así, los dos objetivos gemelos,
la ciencia y el poder humanos,
vienen a ser en realidad lo mismo.

Francis Bacon

Desde Aristóteles nos hemos encontrado una y otra vez con la idea de hallar un fundamento empírico para el conocimiento. Como vimos, el empirismo tuvo expresiones muy radicales en el contexto de una tradición teológica (véase el capítulo VI); más adelante, la exploración europea de otros continentes fue una clara expresión de autoridad de la experiencia directa sobre las tradiciones escolásticas. No obstante, en el siglo XVII, y de manera particular en Inglaterra, podemos apreciar la emergencia de una tradición experimental que invocó la cuidadosa elaboración de observaciones controladas. Esta nueva autoridad experimental para la filosofía natural surgió de manera paralela con instituciones y prácticas que han sido definitivas para entender la ciencia moderna. Veamos entonces algunos de sus principales voceros y los entornos en que vivieron.

William Gilbert

Un personaje de clara relevancia para iniciar nuestras reflexiones sobre la idea de *experimento* es William Gilbert (1544-1603). Su libro sobre magnetismo, *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure*, publicado en 1600, está dedicado a "los verdaderos filósofos, las mentes sinceras que buscan el conocimiento no solo en los libros, sino también en las cosas mismas"[1]. De manera enfática, Gilbert presenta su trabajo como una nueva

[1] "[...] true philosophers, ingenuous minds, who not only in books but in things themselves look for knowledge". Citado en Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1998), 68. Traducción propia.

forma de filosofía que confronta la autoridad de los antiguos, y que hace un llamado a una nueva autoridad basada en la experiencia directa de la naturaleza[2].

Se trata de un ejemplo más del llamado en contra de la filosofía contemplativa y la necesidad de tomar en serio saberes prácticos, como en el caso cercano a Gilbert de los hombres de mar, y no tanto a los libros. Los navegantes, personajes como Francis Drake, podrían no haber sido hombres de ciencia, pero no cabe duda de que sus empresas y los problemas técnicos que supone una navegación segura fueron la obvia prioridad en su momento. Enfático en su defensa de los saberes empíricos, Gilbert afirma:

> [...] los hombres tienen una ignorancia deplorable sobre las cosas naturales, y los filósofos modernos, como soñando en la oscuridad, deben despertar y aprender sobre los usos y el manejo de las cosas; ellos deben renunciar al tipo de conocimiento que proviene únicamente de los libros y que se sustentan en vanos argumentos probables y conjeturas[3].

Irónicamente, su obra, escrita en latín y con citas en griego, es sin duda un texto de filosofía natural, una muestra de erudición de poco interés para los navegantes. Se trata de una retórica compleja que se fundamenta en una forma particular de entender la idea de "experiencia directa". Es interesante recordar que los "experimentos" en los que se basan sus reflexiones sobre el magnetismo terrestre nos invitan a suponer que las observaciones hechas sobre un pequeño imán podrían extenderse para entender el globo terráqueo. Gilbert concluyó que la aguja de la brújula apunta al norte-sur debido a que el planeta Tierra actúa como un gigantesco imán. Construyó, además, con fines experimentales, un pequeño globo magnético llamado Terrella, que mostraba la orientación de la aguja magnética de las brújulas en la dirección de los polos y explicaba la variación de la declinación en función de la posición de la brújula.

Las fuerzas magnéticas terrestres de Gilbert influyeron en la explicación de Kepler sobre el movimiento de los planetas. Su idea del Sol como *anima motrix* implica una especie de fuerza magnética que, en el caso de Kepler,

[2] Para un recuento completo sobre el problema del magnetismo en tiempos de William Gilbert véase Stephen Pumfrey, *Latitud: La verdadera historia del descubrimiento del magnetismo terrestre* (Barcelona: Editorial Juventud, 2008).

[3] "[...] men are deplorably ignorant with respect to natural things, and modern philosophers, as though dreaming in the darkness, must be aroused and taught the uses of things, the dealing with things; they must be made to quit the sort of learning that comes only from books, and that rests only on vain arguments from probability and upon conjectures". Citado en Peter Dear, *Revolutionizing the Sciences*, 2.ª ed. (Princeton y Oxford: Princeton University Press, 2009), 54. Traducción propia.

IMAGEN XVI.1. De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure, *William Gilbert, 1600*

FUENTE: "Gilbert De Magnete Illo180", *Wikimedia Commons*, última modificación 18 de abril del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/2Fy4HX.

emana del Sol. De manera que su movimiento axial explica el movimiento planetario.

La defensa teórica de una nueva ciencia experimental fue objeto de un prolongado debate entre algunos pensadores ingleses de los siglos XVII y XVIII. El más influyente y sin duda una referencia obligada en esta historia es Francis Bacon.

FRANCIS BACON

La vida de Bacon estuvo marcada por una controvertida actividad política, ocupó cargos de alta responsabilidad en la corte de la reina Isabel I y fue acusado de corrupción. Más que su vida política nos interesa aquí su trabajo académico, ya que algunas de sus ideas sobre la ciencia y su papel en la sociedad tuvieron una influencia considerable algunos años después de su muerte, cuando la Real Sociedad de Londres lo convirtió en su filósofo de cabecera. El trabajo de Bacon sobre la naturaleza y utilidad de las ciencias, sus ideas sobre un nuevo método para el avance del conocimiento y la importancia que

le dio a los saberes operativos y útiles nos ayudan a entender mejor el siglo XVII y el rol del conocimiento científico en el mundo moderno.

Examinemos de manera breve su filosofía del conocimiento. Bacon comparó la mente humana con un espejo defectuoso que refleja imágenes deformadas de la realidad. Es decir, la mente produce una imagen inexacta de las cosas al tratar de acomodar la naturaleza a las formas humanas, razón por la cual el conocimiento no prospera. La causa principal de esas deformaciones es lo que Bacon denominó *ídolos*, que podríamos definir como las debilidades o limitaciones humanas, que hasta entonces habían mantenido la filosofía natural lejos de la verdad. Para Bacon era preciso entender dichas limitaciones, ya que una vez somos conscientes de la existencia de estos ídolos, podemos contrarrestar sus efectos y superar los mayores obstáculos del conocimiento.

Francis Bacon (Londres, Inglaterra, 1561-1626)

Filósofo y político, fue reconocido por concebir el empirismo como un aspecto fundamental del quehacer científico moderno. Hijo de Nicholas Bacon, un importante funcionario de la Corona de Isabel I, a muy temprana edad ingresó al Trinity College en Cambridge, aunque no culminó sus estudios. Tiempo después, con la llegada de Jacobo I de Inglaterra y Jacobo VI de Escocia al poder, Bacon asumió importantes cargos al servicio de la Corona. Años más tarde dejó sus ocupaciones burocráticas para escribir su obra más importante: *Novum organum*, publicada en Londres en 1620. Allí, Bacon defendió el método experimental inductivo, que postula ciertas reglas (observación y experimentación) que hacen posible el entendimiento —de lo particular a lo general— de la naturaleza y, con esto, su dominio. Asimismo, Francis Bacon fue un crítico de la filosofía clásica y escolástica, que consideraba representaciones o idearios antiguos y tradicionales que no permitían el progreso del conocimiento. De esta manera, Bacon defendió una concepción del conocimiento más utilitaria e inseparable de la política y del poder.

El problema del conocimiento para Bacon residía en las interpretaciones que hacen los seres humanos de sus objetos de estudio, que no pueden ser neutrales en tanto que cada individuo analiza y juzga desde sus limitaciones y prejuicios. Sin embargo, Bacon combate el escepticismo, pues para él, estos obstáculos pueden ser vencidos, de forma parcial, con la implementación de un método adecuado.

Bacon divide los ídolos en cuatro grupos. En primer lugar, están los llamados *ídolos de la tribu*, que no son otra cosa que las debilidades y limitaciones que tienen los seres humanos por naturaleza. La mente humana está atrapada en un cuerpo que no le permite acceder a una comprensión completa del mundo, pues los sentidos ofrecen meras percepciones. De la misma forma, dentro de esta categoría se encuentra la tendencia de la mente humana, según Bacon, a generalizar de manera apresurada.

En segundo lugar, encontramos los *ídolos de la caverna*, que son las idiosincrasias de cada individuo. Estas, como bien lo intuiría el lector, influyen en la producción de conocimiento en la medida en que la realidad es analizada y juzgada desde un punto de vista individual, generando una realidad que se acomoda a las preferencias y forma general de comprensión de mundo de cada individuo.

En tercer lugar, están los *ídolos del mercado*, en estrecha relación con el lenguaje, y el hecho de que las palabras usadas en una comunidad particular o cultura limitan nuestro entendimiento del mundo. En particular, Bacon señaló que estos pueden agruparse en dos: el primero es el subgrupo de palabras que denominan cosas inexistentes, como pueden ser la fortuna, los unicornios o las sirenas; el segundo subgrupo se refiere a las palabras que, aunque nombran cosas existentes, sus referentes no son claros y su sentido resulta impreciso. Bacon señala que estos ídolos son los más problemáticos. Al respecto afirma: "Los hombres creen que su razón es dueña de las palabras, pero ocurre también que las palabras devuelven y reflejan su fuerza sobre el entendimiento, lo cual convierte a la filosofía y a las ciencias en inútiles y sofismas"[4].

Por último, tenemos los *ídolos del teatro*, que son los prejuicios que adquirimos al adoptar un sistema filosófico en particular. Estos fueron centrales en la filosofía de Bacon y el hecho de que no sean innatos permite que se puedan corregir o evitar.

Los principales referentes de la crítica de Bacon son la filosofía de Aristóteles y algunas corrientes del platonismo, cuya influencia, para él, ha sido la mayor causa de corrupción de las ciencias naturales. En particular, encuentra la lógica de Aristóteles complicada y artificial, mientras que, en su opinión, la física de la tradición griega carece de fundamento empírico y es demasiado abstracta.

En este sentido, escribe:

> La filosofía actual no es pura, sino enferma y corrompida; en la escuela de Aristóteles por la lógica, en la de Platón por la teología natural, en la segunda escuela de Platón, de Proclo y de otros, por la matemática. Esta, sin embargo, debe clausurar

[4] Bacon, *La gran restauración*, 108.

la filosofía natural y en modo alguno generarla o iniciarla. Pero de una filosofía natural pura y libre de mezclas ilegítimas cabe esperar mejores cosas[5].

En su *Novum organum*, escrito en 1620, buscó establecer las verdaderas reglas para interpretar la naturaleza e hizo un intento explícito por exponer una nueva lógica. El corpus de escritos sobre lógica de Aristóteles se conocía como el *Organum*, término griego que significa 'instrumento' o 'herramienta'; de manera que la obra de Bacon se presenta como una sustitución de la lógica aristotélica. El llamado "método baconiano" es en últimas una defensa de una lógica inductiva (de lo particular a lo general) sobre una lógica deductiva (de lo general a lo particular). No obstante su insistente crítica al actual estado del conocimiento, la filosofía de Bacon es mucho más que una enumeración de los obstáculos y dificultades del conocimiento. Por el contrario, es la afirmación de que el conocimiento es posible y necesario para el desarrollo de la humanidad. En un fragmento del *Novum organum* se lee: "El procedimiento de aquellos que afirmaron la *acatalepsia* [imposibilidad de conocer] y nuestra propia vía concuerdan en cierto modo en el principio, pero al final difieren y se oponen enormemente [...]"[6].

Aunque pensaba que no había mucho qué aprender de la filosofía de su propio tiempo, Bacon creyó necesario superar sus vicios, e insistió en que el escepticismo era dañino para el progreso de la ciencia y que era indispensable recobrar la confianza en las capacidades de los seres humanos. "El obstáculo mayor al progreso de las ciencias y a la adopción en ellas de nuevas tareas y de nuevos territorios es la desesperación humana y la suposición de lo imposible"[7]. Desde esta perspectiva es fácil entender por qué parte importante de su plan fue preparar las mentes de los hombres para que recuperaran la confianza en sus capacidades de conocer y controlar la naturaleza.

Retomemos ahora el concepto de los ídolos. Para Bacon, estos no serían erradicados de manera absoluta, pero sus efectos podían ser atenuados haciendo uso de un riguroso método inductivo. En este nuevo tipo de inducción la observación sistemática de hechos particulares libera al pensamiento de prejuicios y evita conclusiones generales apresuradas y sin fundamento. En tiempos en los cuales la práctica de la tortura era frecuente en los círculos políticos de la reina Isabel, Bacon se refirió a la idea de experiencia o experimentación como una forma de "tortura"[8], de forzar la naturaleza a revelar sus secretos.

En el libro II del *Novum organum*, Bacon presentó algunos ejemplos de su nueva lógica de investigación. Aunque nunca se refirió al mismo como un

[5] *Ibid.*, 154.
[6] *Ibid.*, 97.
[7] *Ibid.*, 149-150.
[8] La expresión original en inglés es *vexing*.

"método", se ha arraigado la idea del método baconiano, el cual supone la meticulosa observación de hechos particulares a partir de los cuales es posible llegar a conclusiones generales. Los ejemplos que él mismo ofreció no serían muy convincentes para un lector moderno, como es el caso de su investigación sobre la naturaleza del calor, en la cual presenta una lista, al parecer sin ninguna teoría previa, de instancias en las que se observa el calor, tales como en los rayos solares en verano, en el fuego, en los excrementos animales, entre otros. Este caso poco nos enseña sobre la naturaleza del calor, y más bien hace evidente que la simple enumeración de instancias o hechos particulares no han sido una forma efectiva de producción de conocimiento realista en la historia de la ciencia.

Su método no consiste en una simple exaltación del proceso inductivo, sino en un seguimiento más fiel del mismo. Es decir, ir aumentando el grado de generalización sin apresurarse y solo como resultado de observaciones concretas. Consciente de las limitaciones de la simple enumeración, Bacon se refirió a un necesario matrimonio entre la postura empirista y la postura racionalista. Esta característica, ya clásica en la ciencia moderna, la expuso de la siguiente forma:

> Los empíricos, a la manera de hormigas, se limitan a acuñar y a consumir. Los racionalistas, como las arañas, sacan de sí mismos la tela. La vía intermedia, sin embargo, es la de la abeja que obtiene la materia de las flores del jardín y del campo, pero que la transforma y elabora con su propia capacidad. La manera de proceder de la verdadera filosofía es similar, pues no se apoya únicamente en la fuerza de la mente y no se limita a conservar intacta en la memoria la materia procedente de la historia natural y de los experimentos mecánicos, sino que la transforma y elabora en el entendimiento[9].

Dado que cada paso en la vía hacia la generalización debe cotejarse con una experimentación acorde, la nueva ciencia puede contar con la veracidad de sus afirmaciones. Pero como la limitación para acceder al conocimiento no está dada solo por el velo que ponen los ídolos en la mente, sino por las limitaciones físicas del hombre para la observación, es necesario recurrir a experimentos y a instrumentos que agudicen y eleven las facultades humanas. En este sentido, Bacon argumentó que "para que sea posible arribar a ámbitos más remotos y ocultos de la naturaleza se requiere necesariamente que se introduzca un uso mejor y más perfecto de la mente y del entendimiento humanos"[10]. Es entonces por medio de una acción controlada de la naturaleza que esta se manifiesta de mejor forma: "Puesto que la naturaleza

[9] Bacon, *La gran restauración*, 153.
[10] *Ibid.*, 56.

de las cosas se revela más a través de las vejaciones del arte que cuando actúa libremente"[11].

El trabajo de Francis Bacon en filosofía de la ciencia, y su insistencia en el papel de la experimentación como fundamento del conocimiento para una nueva y verdadera ciencia, han hecho que algunos lo consideren el padre del empirismo. No obstante, la defensa de una fundamentación empírica para el conocimiento no era una idea nueva. La obra de Bacon fue más la formalización teórica de prácticas empleadas por pensadores como Gilbert en Inglaterra, por exploradores ibéricos en el Atlántico en el siglo XVI, por la tradición alquimista, por la medicina y por el arte. Si bien no son pocos los hombres de ciencia que declararon haber seguido el método baconiano en sus investigaciones —Darwin, por ejemplo— muy pocos de los actuales estudios de filosofía o historia de la ciencia encontrarían realista la idea de una ciencia basada en preceptos baconianos. El empirismo, en sus formulaciones más simplistas, supone la posibilidad de observaciones o experiencias neutras, independientes de la teoría o de condicionamientos culturales.

Más que un debate sobre los méritos epistemológicos del método o empirismo baconiano, nos interesa entender su obra en la medida en que expresa una nueva idea de ciencia y de hombre, una ciencia que puede darle al hombre el control y el dominio del mundo natural. Veamos más en detalle estos aspectos de su obra y su influencia política, que sin duda es una fuente provechosa para entender el Renacimiento, y la renovada concepción de conocimiento que tomó forma en la Europa del siglo XVII.

Engrandecimiento del imperio humano

Más que la defensa de un método inductivo, su filosofía parece diferenciarse de las demás en un punto crucial: el conocimiento no puede ser una contemplación pasiva de la verdad, sino que le debe permitir a los humanos usar la naturaleza para su beneficio. "El fin que esta ciencia nuestra se propone", escribe Bacon, "es el descubrimiento no de argumentos sino de artes; no de cosas conformes a los principios, sino de los principios mismos [...]. Pues allí se vence y se encadena al adversario en la disputa, aquí a la naturaleza en la acción"[12].

Ya comentamos el frontispicio de su gran obra *Instauratio magna* (1620), en el cual aparece una nave que cruza navegando las columnas de Hércules, símbolo de los límites del conocimiento humano, en este caso sobre el estrecho de Gibraltar. Se trató de una imagen sobre el nuevo optimismo en torno a las posibilidades del conocimiento científico y la tecnología. Como lo vimos

[11] *Ibid.*, 72.
[12] *Ibid.*, 64.

en el acápite sobre la conquista del mar, esta imagen aparece y es recurrente como símbolo del imperio español. La tradicional máxima "Ne plus ultra" fue entonces sustituida por "Plus ultra". No muy distante de la tradición hermética, Bacon defiende que el poder humano sobre la naturaleza es un don otorgado por el Creador: "Permitamos al hombre recobrar su derecho sobre la naturaleza, el cual le pertenece como un regalo de Dios [...]"[13]. Si bien hay coincidencias importantes entre la idea de conocimiento en Bacon con algunos supuestos de la tradición hermética, hay una diferencia importante. El conocimiento para Bacon no es propiedad exclusiva de algunos elegidos: cualquiera que sea fiel a un método adecuado tendrá acceso al conocimiento.

El método de la restauración del saber propuesto por Bacon, del que hasta ahora se han enumerado y discutido dos de sus características (experimentación y operatividad), también incluye un modelo de cooperación entre quienes "producen conocimiento". El carácter cooperativo de la nueva ciencia está fundamentado en la exposición del conocimiento a la crítica por pares que permitan evaluar y legitimar la producción de verdad. En realidad, como señalan algunos estudiosos de Francis Bacon[14], esta preocupación por la adecuada difusión y puesta en común del conocimiento nació como contraposición a otras formas de entender el conocimiento que aludían al empoderamiento del hombre, pero que mantenían el conocimiento como un logro individual, como la alquimia y la magia natural. Así, Bacon no comparte la imagen de la labor científica como el producto de individuos aislados de su entorno. Es más, en otros de sus escritos se señala cómo, gracias a la socialización del conocimiento, la ciencia puede encontrar mejores momentos de verificación:

> Tampoco hemos hecho ninguna violencia ni preparado ninguna insidia contra el juicio de los hombres, sino que los conducimos hasta las cosas mismas para que ellos mismos vean lo que tienen, lo que pueden discutir y lo que pueden añadir y aportar en común. [...] sin embargo mostramos las cosas desnudas y abiertas con el fin de que nuestros errores puedan ser identificados y eliminados antes de que corrompan más el cuerpo de la ciencia [...]. De esta manera creemos haber establecido para siempre un matrimonio verdadero y legítimo entre las facultades empíricas y racional[es] [...][15].

Si bien hemos expuesto las características que definen la nueva ciencia, nos falta profundizar sobre el propósito mismo de esta renovación. A partir de lo descrito, puede concluirse que el conocimiento está relacionado con el

[13] "Just let man recover the right over nature which belongs to him by God's gift [...]". Francis Bacon, *The New Organon*, citado en Dear, *Revolutionizing the Sciences*, 59. Traducción propia.

[14] Véanse, por ejemplo, Anthony Quinton, *Francis Bacon* (Oxford: Oxford University Press, 1980); Perez Zagorin, *Francis Bacon* (Princeton: Princeton University Press, 1998).

[15] Bacon, *La gran restauración*, 57-58.

dominio del hombre sobre la naturaleza y que este no tendría un fin contemplativo sino operativo, es decir, que permita el desarrollo técnico y de las artes. Más aún, dentro del esquema baconiano, la operatividad resulta ser un indicio de legitimidad del conocimiento, pues el poder hacer, reproducir o mejorar alguna acción natural, de manera artificial, garantiza la validez del conocimiento.

> Pues no se trata solamente de la beatitud contemplativa, sino verdaderamente del destino y fortuna de la humanidad y de todo el poder de la acción, ya que el hombre (ministro e intérprete de la naturaleza) solo es capaz de actuar y entender en la medida en que con la acción o con la teoría haya penetrado en el orden de la naturaleza. Mas ni sabe ni puede, pues ninguna fuerza puede desatar o romper la cadena de las causas ni es posible vencer a la naturaleza de otra manera que obedeciéndola. Así, los dos objetivos gemelos, la ciencia y el poder humanos, vienen a ser en realidad lo mismo [...][16].

Para darle forma tangible a este proyecto de ciencia y poder dentro de una sociedad particular, era requerida la institucionalización como forma de organización del mismo. Tal y como lo vimos en la sección sobre utopías del Renacimiento, en su obra de ficción *La Nueva Atlántida*, Bacon describe una sociedad en la cual el conocimiento y la tecnología son fuente de un bienestar ideal. Con cierto detalle, Bacon describe una institución rectora denominada la Casa de Salomón o la Casa del Trabajo en Seis Días. Esta tiene la función de buscar y obtener "el conocimiento de las causas y el movimiento secreto de las cosas, y el engrandecimiento de los límites del imperio humano, para la realización de todas las cosas posibles"[17].

Además de los procesos de institucionalización, en *La Nueva Atlántida* también pueden verse los productos de esta sociedad del conocimiento técnico y tecnológico, muy optimistas para la época en que fueron descritos, y premonitorios para un lector moderno. Entre estos se encuentra la producción artificial de plantas naturales, al igual que su modificación "genética", la curación de enfermedades a partir de la ingesta de compuestos artificiales y el desarrollo de instrumentos de precisión que produzcan luz o que permitan una mejor utilización de los sentidos, como el "microscopio" (véase el capítulo XI). Este ideal no está muy lejos de sus proyectos políticos y el pensamiento baconiano será determinante en la creación de las grandes instituciones científicas del siglo XVII.

El sentido pragmático y político de su visión del papel del conocimiento en la sociedad, como veremos en lo que sigue, tuvieron una presencia notable

[16] *Ibid.*, 76.

[17] Francis Bacon, "La Nueva Atlántida", citado en Imaz, *Utopías del Renacimiento*, 336.

en los proyectos políticos y científicos de Inglaterra y otras naciones de la Europa moderna.

Las sociedades científicas del siglo XVII y la tradición experimental

Un aspecto importante de los planteamientos baconianos es la necesidad de organizar y formalizar la producción de conocimientos útiles como eje central de las políticas de Estado. En sus días, Bacon propuso la fundación de una academia que no fuera una sociedad de eruditos, sino algo parecido a lo que hoy sería un centro de investigación y enseñanza con laboratorios, jardines, bibliotecas y centros de acopio de saberes útiles. Si bien esta idea de fundar una sociedad científica no atrajo mucha atención en sus días, como la mayoría de sus proyectos, años más tarde se pondría en práctica un proyecto similar.

Los orígenes de las sociedades científicas modernas podrían remontarse a las agrupaciones o academias de los humanistas que se crearon en Italia en los siglos XV y XVI; pero los antecedentes más directos y con fines parecidos a las sociedades del siglo XVII fueron la Casa da Índia en Lisboa y la Casa de Contratación en Sevilla. Richard Hakluyt, en su *Divers Voyages Touching the Discovery of America and the Islands Adjacent* (Londres, 1582), nos recuerda la importancia de la visita de Stephen Borough a la Casa de Contratación y su insistencia sobre la necesidad para Inglaterra de seguir los pasos de España en la creación de una escuela de pilotos como la de Sevilla. En su momento, la propuesta no tuvo éxito, pero no hay duda de que la creación de la Real Sociedad de Londres, al igual que el Real Observatorio Astronómico de Greenwich, se hizo en el contexto de una contienda de grandes imperios por el dominio del mar.

La Real Sociedad de Londres tuvo su origen en 1645, con una serie de reuniones periódicas de caballeros interesados en las aplicaciones de los nuevos conocimientos. Estas reuniones se realizaron con la intención de discutir la filosofía natural y mecanicista, teniendo como base epistemológica la necesidad de recurrir a la experimentación. Las discusiones siempre giraron en torno a formas de conocimiento que tuvieran una utilidad práctica.

La constitución formal de la Real Sociedad debió esperar algún tiempo, pues las sesiones debieron suspenderse debido a las guerras civiles y al derrocamiento de las monarquías que entonces tuvieron lugar. Con la ayuda de Carlos II y su movimiento restaurador, se fundó en 1660, con John Wilkins como presidente, el Colegio para la Promoción del Saber Físico-matemático Experimental. Lo conformaron cuarenta miembros, y años más tarde, como disposición del mismo Carlos II, se formalizó en 1663 como la Real Sociedad para el Conocimiento Natural o Real Sociedad de Londres. Esta institución adoptó como su filósofo de cabecera a Francis Bacon, hecho que se vio reflejado

en los estatutos redactados por Robert Hooke y en la importancia que se les dio a las disciplinas prácticas por encima de las teóricas: 69 de sus miembros se dedicaban al estudio de los saberes mecánicos (como navegación y agricultura), mientras que solo quince hacían estudios astronómicos más teóricos. Solo hasta 1703, con la llegada de Newton, la Sociedad tuvo un enfoque mucho más teórico.

Resulta significativo que una de las figuras centrales de la nueva tradición experimental inglesa, Robert Hooke, llegara al mundo de la ciencia como asistente de Boyle y no perteneciera a la aristocracia inglesa como la mayoría de los miembros de la Real Sociedad. Hooke, más que un filósofo y autor de grandes tratados teóricos, al estilo de Hobbes, fue un ingenioso artesano y un virtuoso ingeniero. Robert Hooke diseñó y fabricó numerosos artefactos e instrumentos científicos, soñaba con resolver problemas como el de la medición de la longitud por medio de la construcción de relojes mecánicos que mantuvieran su precisión en travesías oceánicas. Y en sus desafíos prácticos llegó a conclusiones teóricas, como sus tesis sobre la elasticidad de los resortes, un elemento clave en relojería más que en filosofía natural. Su innegable ingenio para resolver problemas técnicos, diseñar o reparar aparatos tuvo un impacto notable sobre un nuevo estilo de producir conocimientos confiables y útiles. Hooke, entonces, es un ejemplo más de la importancia de las prácticas y los oficios artesanales en el nacimiento de la ciencia moderna[18].

El propósito y fin de la Sociedad Real —dicen los estatutos redactados por Robert Hooke en 1663— fue "fomentar el conocimiento de las cosas naturales y todas las artes, manufacturas, prácticas mecánicas, máquinas e inventos útiles por medio de los experimentos, sin inmiscuirse en cuestiones teológicas, metafísicas, morales, políticas, gramaticales, retóricas o lógicas [...]"[19].

En la opinión de Thomas Sprat, historiador de la Real Sociedad, por ser Londres el epicentro de un poderoso imperio, "la ciudad era también la sede más idónea para concentrar el conocimiento que proviene de las noticias que llegan de diversos lugares bajo el dominio inglés"[20]. A la Real Sociedad llegaron de manera continua conocimientos de un creciente número de hombres de ciencia; pero también especímenes naturales, minerales y curiosidades como regalos de navegantes, viajeros y comerciantes de diversos lugares, haciendo del lugar un centro de acopio de artefactos y objetos naturales para ser estudiados por los hombres de ciencia en la capital del creciente imperio.

Después de la segunda mitad del siglo XVII, Florencia, París y Londres establecieron sus respectivas sociedades científicas, inspiradas, según Peter

[18] Véase Jardine, *Ingenious Pursuits*, 50-52.

[19] Citado en Stephen Mason, *Historia de las ciencias 2: La revolución científica de los siglos XVI y XVII* (Madrid: Alianza Editorial, 1985), 176.

[20] Burke, *Historia social Gutenberg*, 93.

Burke, en las academias que crearon los humanistas durante el Renacimiento italiano. Estas academias esperaban ser espacios de debate por fuera de las universidades, pues de una u otra forma la universidad se ocupaba de la enseñanza del conocimiento establecido, dejando poco espacio para la generación de nuevo conocimiento.

Robert Hooke (Isla de Wight, Inglaterra, 1635-1703)

Su padre, John Hooke, fue sacerdote de la iglesia de Todos los Santos de Freshwater, en la Isla de Wight. Allí y en Londres Robert Hooke recibió su educación básica. Tiempo después, hacia 1653, ingresó a la Universidad de Oxford, donde se desempeñó como asistente químico del reconocido médico Thomas Willis. En Oxford, también conoció a Christopher Wren, al filósofo natural John Wilkins y a Robert Boyle, de quien fue asistente. Estos personajes, junto con Hooke, fueron figuras claves de la Real Sociedad de Londres, fundada en 1660. Hacia 1665 publicó una de sus obras más célebres: *Micrographia*, en la cual describe e ilustra una serie de observaciones microscópicas. En el campo astronómico, Hooke fue muy activo y mantuvo una intensa disputa con Newton, quien sería su sucesor como presidente de la Real Sociedad. Se destaca también la construcción que hizo, junto con Boyle, de una campana de vacío, útil para la realización de experimentos. Hacia 1679, publicó en Londres *Lectiones cutlerianae*, en la que recopila una serie de conferencias sobre física, astronomía y geografía. Además de lo anterior, Hooke también desempeñó un papel importante como arquitecto en la reconstrucción de Londres, después del gran incendio de 1666. Allí trabajó de manera conjunta con Cristopher Wren. Hooke murió en Londres el 3 de marzo de 1703.

Uno de los logros más significativos de las actividades alrededor de la Real Sociedad fue la definición de reglas de juego para la producción de conocimientos legítimos. Como veremos más adelante, la labor de Robert Boyle en este sentido fue definitiva. En los primeros años, esta sociedad dispuso de una máquina neumática de Boyle, mediante la cual se realizaron experimentos que sirvieron para hacer una "propaganda masiva del programa experimental" como la forma correcta de producir conocimiento[21]. Por ende, las características de operatividad y experimentación, señaladas en los

[21] Shapin, *The Scientific Revolution*, 96.

IMAGEN XVI.2. *Portada de* Historia de la Real Sociedad, *Thomas Sprat, 1667*

Aquí aparecen junto a un busto del rey Carlos II lord Brouncker y Francis Bacon (lord Verulam), a quien se le denomina restaurador de las artes.

FUENTE: The Royal Collection Trust.

postulados baconianos, tuvieron seguidores influyentes que quisieron poner en práctica su filosofía de la ciencia.

La Real Sociedad de Londres logró, entonces, consolidar una nueva idea de conocimiento científico como motor de progreso, bienestar y poder. No obstante, los avances tangibles de progreso como se los imaginaban sus miembros tardarían más años en realizarse. Este sentido de publicidad otorgó además un punto importante de demarcación, al menos en términos discursivos, de la filosofía experimental mecanicista con respecto a otras prácticas que, aun siendo experimentales y operativas, se realizaron y entendieron en espacios menos formales.

Con el patrocinio real, Londres se convirtió en un centro de una actividad científica, tecnológica y artística impresionante, que nos recuerda la Florencia de los tiempos de Galileo. Los caballeros asociados a la Real Sociedad fueron grandes personajes de enorme reconocimiento público en la sociedad inglesa y se ocuparon de manera colectiva de tareas de prioridad nacional. Además de los grandes temas de filosofía natural, se involucraron en importantes proyectos tecnológicos al servicio de la navegación, en la fabricación de instrumentos de observación como microscopios y telescopios y en ambiciosos proyectos urbanos de ingeniería y arquitectura. Christopher Wren, por ejemplo, fue un astrónomo destacado, pero también un virtuoso dibujante que ilustró obras de carácter científico, llevando al papel observaciones microscópicas o disecciones de anatomía; asimismo, fue un influyente diseñador urbano y arquitecto de su tiempo. Entre sus obras está la emblemática catedral de San Pablo.

La precisión en las observaciones y las mediciones fue un problema que interesó en muchos frentes, como la astronomía, la navegación, la ingeniería, la arquitectura y la geografía. Para esto se requería de un sofisticado instrumental, con relojes, telescopios, brújulas, cuadrantes, niveles, teodolitos, entre otros. Así, los grandes hombres de ciencia del siglo XVII, lejos de estar dedicados a la especulación teórica, fueron en su mayoría personajes con claras habilidades técnicas. Hooke, Newton, Halley, Wren, Huygens, al igual que Galileo, fueron hábiles diseñadores y fabricantes de complejos artefactos útiles para la observación.

La necesidad de relojes mecánicos más exactos hizo de la relojería una prioridad en la ciencia, con grandes incentivos para quienes lograban fabricar mejores y más prácticos relojes. La precisa medición de la longitud, por ejemplo, si bien fue un tema de enorme interés para los navegantes del siglo XVI, solo se logró en el siglo XVII y fue posible no tanto por las nuevas teorías sino por la habilidad técnica de quienes lograron crear relojes portátiles de alta precisión. Tanto Hooke como Huygens hicieron avances en la construcción de relojes operados con resortes y no con péndulos, buscando sin demasiado éxito la creación de una máquina para medir el tiempo en el mar[22]. En el siglo XVII inglés, encontramos, una vez más, difusas fronteras entre la ciencia, la técnica y el arte.

Las academias científicas, no podemos ignorarlo, al igual que las universidades, les cerraron sus puertas a las mujeres. Margaret Cavendish, duquesa de Newcastle (1623-1673), por ejemplo, a pesar de sus obvias credenciales académicas nunca fue admitida en la Real Sociedad, que solo aceptó a la primera mujer en 1945. La Academia de Ciencias de París no admitió el ingreso de mujeres, ni siquiera a una figura como Marie Curie (1867-1934). La primera mujer en ingresar a la Academia francesa lo hizo en 1979.

La exclusión de las mujeres de estas instituciones no quiere decir que no existieran mujeres interesadas en temas científicos y filosóficos. Con la llegada de la imprenta, mujeres de la aristocracia europea tuvieron acceso al mundo del conocimiento, pero su relación con las sociedades científicas estuvo casi siempre mediada por una figura masculina, un esposo o un tutor. Margaret Cavendish fue autora de una obra profunda en filosofía natural, crítica frente a autores como Thomas Hobbes o René Descartes. Su reconocimiento, no exento de dificultades, fue posible porque su marido William Cavendish tuvo un lugar privilegiado en el mundo de las letras y su joven esposa supo sacar provecho de eso y convertirse en una notable autora[23].

[22] Sobre el tema de la longitud que se sale de los espectros del libro véase Dava Sobel, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time* (Londres y Nueva York: Bloomsbury Publishing, 2007).

[23] Sobre la vida y obra de Margaret Cavendish y otras mujeres que formaron parte del mundo de la filosofía véase Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?*

De esta forma, es claro que la producción científica y tecnológica fue inseparable de un grupo social específico, y la participación de caballeros aristócratas en estas empresas contribuyó de manera significativa a la credibilidad de una nueva ciencia. Al mismo tiempo, estas prácticas y el hecho de pertenecer a grupos de hombres letrados consolidaban su lugar, privilegiándolos en la sociedad como voceros del conocimiento y personajes de autoridad en temas no solo científicos o técnicos, sino también morales y políticos. Durante los primeros años de la Real Sociedad de Londres —según autores como Steven Shapin—, la calidad del testimonio o de la participación ofrecida dependió de la calidad moral y social del testigo. Mediante esta caracterización de los testigos se garantizó la legitimidad de los experimentos allí realizados y de los resultados obtenidos. En aras de consignar los testimonios de quienes observaban experimentos, se creó un *Register Book*, en el cual el observador dejaba por escrito lo observado, estableciendo la veracidad de lo ocurrido[24].

La Real Sociedad de Londres fue liderada por personajes muy influyentes en la tradicional historia de la ciencia moderna, quienes de una u otra manera desempeñaron un papel notable en la consolidación de una filosofía natural experimental. Sin embargo, el método experimental tuvo también importantes contradictores, como Thomas Hobbes, quien fue secretario de Francis Bacon, y, paradójicamente, uno de los más radicales y fuertes opositores de los fundamentos epistemológicos de la Real Sociedad en este período. Los experimentos bajo condiciones controladas no fueron para el filósofo inglés una forma legítima de observar la realidad. Los experimentos, para Hobbes, no corresponden a una forma "filosófica" de argumentar, ya que no son suficientes para fundamentar un verdadero conocimiento con pretensiones de universalidad, como le es propio a la verdadera filosofía.

Además del interés por la experimentación que surgió como elemento unificador de los miembros de esta sociedad, también estaba la necesidad de difundir y hacer públicos sus conocimientos. Una de las funciones claves de las sociedades científicas fue la formalización de medios de comunicación del conocimiento, de sus propias publicaciones periódicas o de la impresión de libros que con su sello lograban mayor credibilidad. La Real Sociedad de Londres, además de su publicación periódica *Philosophical Transactions*, dio a conocer importantes libros, como *Micrographia* de Robert Hooke, los *Principia* de Isaac Newton y los trabajos de Robert Boyle, para mencionar solo algunos ejemplos destacados.

Las publicaciones periódicas de carácter científico que hoy en día forman parte esencial del mundo académico tuvieron origen en las sociedades científicas europeas del siglo XVII. En el mismo periodo en que se publicó *Philosophical Transactions*, aparecieron el *Journal des Savants* en París y, a finales del siglo XVII, comenzaron a circular revistas similares, como *Nouvelles*

[24] Shapin, *The Scientific Revolution*, 107.

de la République de Lettres publicada en Ámsterdam. Estas revistas o periódicos no fueron simplemente medios de comunicación; con estas se definieron las reglas de juego de una comunicación científica: cuáles temas eran relevantes, de qué manera se presentaban los resultados y, en últimas, quién estaba en capacidad de producir o comunicar conocimientos legítimos. Las sociedades científicas conformaron redes mediante las cuales se facilitó el intercambio de información y la discusión de los experimentos; pero más importante aún, dichas redes de pares respetados operaron como poderosas formas de validación de los conocimientos formulados dentro de las mismas sociedades.

La Real Sociedad no fue la única institución científica con apoyo de la Corona. Los grandes retos del imperio estuvieron en el mar y, en consonancia con los propósitos de la Real Sociedad, se fundó el Real Observatorio de Greenwich, cuya construcción la ordenó Carlos II en 1675. La posición de los barcos en alta mar y la manufactura de mejores cartas de navegación fueron asuntos de alta prioridad para la defensa nacional, de manera que el observatorio se dotó con la mejor tecnología disponible. Se creó también el cargo de astrónomo real, que fue asumido por John Flamsted, a quien se le dieron instrucciones de "[...] con la diligencia y el cuidado más exacto ocuparse de la rectificación de las tablas de los movimientos del cielo y los lugares de las estrellas fijas para encontrar la muy deseada longitud de los lugares y así perfeccionar el arte de la navegación"[25]. De hecho, Flamsted dedicó buena parte de su vida a la producción de una gran e interminable obra, *History of the Heavens*, la cual debía ofrecer la más completa colección de datos astronómicos y así justificar las onerosas inversiones reales en el Observatorio de Geenwich. Con la ayuda de Edmund Halley, en 1712, se publicaron dos volúmenes de la obra y, en 1725, después de su muerte y, por lo mismo sin contar con su autorización, salió a la luz una nueva versión de tres volúmenes, que según había opinado el mismo Flamsted antes de su deceso, todavía estaba incompleta.

La astronomía ocupó un lugar definitivo en la ciencia europea del siglo XVII, en parte por la emergencia de grandes debates cosmológicos, pero en mayor medida por sus aplicaciones militares. La producción de nuevas cartas estelares más precisas fue una prioridad nacional tan importante como la cartografía. Edmund Halley le dedicó su nueva carta estelar a Carlos II y, de manera similar a lo que hizo Galileo en la corte de los Medici, Halley nombró nuevas constelaciones en honor al rey. El homólogo observatorio de París, al igual que el de Greenwich, tuvo una función central en la producción de información confiable para poder hacer mejores mapas del mundo.

Sociedades científicas similares aparecieron en otras naciones europeas. Aunque las pioneras surgieron en Italia a finales del siglo XVI, solo hasta el

[25] Heather Couper, *Historia de la astronomía* (Barcelona: Paidós Ibérica, 2008), 167.

siglo XVII se desarrolló una verdadera institucionalización de la ciencia. En Francia, la evolución de las instituciones siguió un curso similar a las de Inglaterra. En 1666 se fundó la Academia de Ciencias de París, que también orientó su filosofía a fines prácticos y con la influencia directa de los escritos de Francis Bacon. En Alemania, por otro lado, el proceso tomó un poco más de tiempo y solo hasta 1700 se fundó la Academia de Berlín.

El estudio de este tipo de sociedades nos ilustra sobre el proceso de institucionalización de la ciencia en el siglo XVII y su estrecha relación con el problema de la autoridad y la legitimación del conocimiento. La importancia creciente de instituciones como la Real Sociedad de Londres nos permite entender cómo la ciencia empezó a definir unas reglas de juego comunes y a reconocer que su desarrollo estaba ligado a un fuerte sentido de comunidad; una comunidad que trascendía lo local y lo nacional, y que pronto adquiriría un sentido global.

A lo largo de este libro se hace evidente que una ciencia global solo es posible en poderosos centros imperiales y no podemos pasar por alto que Londres, París y Ámsterdam fueron centros económicos y políticos de crecientes imperios transnacionales, de manera similar a como lo fueron en el siglo anterior Lisboa o Madrid. A continuación, veremos el caso de Robert Boyle, un ejemplo claro de esta búsqueda de autoridad filosófica en el marco de instituciones al servicio del Estado.

Robert Boyle y el poder del experimento científico

Con Robert Boyle ocurre algo similar a lo que sucede con la mayoría de los pensadores que hoy se considera padres de la ciencia moderna: la historia busca en ellos sus rasgos más cercanos a nuestra actual idea de ciencia. Robert Boyle tiene una extensa obra que, en una edición moderna, sumarían seis volúmenes de ochocientas páginas cada uno. Sin embargo, para la visión contemporánea de la ciencia, resultan importantes sus experimentos con la campana de vacío y, en particular, sus escritos sobre la relación entre la presión y el volumen de los gases.

Entre 1645 y 1655 Boyle dio inicio a su actividad experimental y escribió algunos ensayos al respecto. Los resultados experimentales que hoy lo hacen famoso comenzaron a aparecer desde 1656, año en que se mudó a la Universidad de Oxford, donde permaneció hasta 1668. Allí, con el apoyo de Robert Hooke, diseñó y fabricó la campana de vacío que le dio reconocimiento. Con este espectacular artefacto, Boyle condujo diversos experimentos relacionados con las características físicas del aire, analizó problemas diversos como la formación de vacío, la combustión, la respiración y la transmisión del sonido.

Robert Boyle (Waterford, Irlanda, 1627-1691)

Su padre fue Richard Boyle (conde de Cork), un reconocido noble y colonizador inglés que adquirió grandes extensiones de tierra en Irlanda. Robert Boyle recibió su educación más básica en el *Eton College* de Inglaterra, aunque posteriormente también realizó estudios no formales en Italia. Después de esto retornó a Irlanda, aunque se estableció en Oxford por las mayores facilidades que ofrecía para el desarrollo de sus intereses científicos. Allí comenzó a realizar una serie de experimentos enfocados en estudiar las propiedades y el comportamiento del aire. Para esto, construyó hacia 1659 una bomba de aire, o campana de vacío, con la que pudo simular diferentes escenarios y comprender el comportamiento del aire en circunstancias particulares. Fue así como enunció la ley que llevaría su nombre, según la cual la presión de un gas tiende a incrementarse a medida que su volumen disminuye. En 1660 tomó parte activa en la fundación de la Real Sociedad de Londres y en 1661 publicó en esta ciudad su obra más célebre: *The Sceptical Chymist*. En ella defendió la experimentación como método para construir conocimiento, así como también argumentó a favor de la idea según la cual existen más de cinco elementos, contrario a lo planteado por Aristóteles. Hacia 1668 se marchó a Londres, donde se estableció de forma definitiva. Boyle mantuvo hasta el final de su vida un profundo interés por la teología cristiana, así, en 1690 publicó *The Christian Virtuoso*, obra en la que se hace evidente su profunda religiosidad cristiana y su devoción anglicana. Boyle murió al año siguiente en Londres.

En 1660 publicó un trabajo titulado *Nuevos experimentos físico-mecánicos*, en el que expuso los principales resultados con la campana de vacío, así como la ley que lleva su nombre y que plantea que, a una temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión del mismo. Por otro lado, en 1661 publicó un trabajo titulado *El químico escéptico*, con el que quiso refutar la teoría de los cuatro elementos de Aristóteles y defender la tesis de que la materia está constituida por partículas.

En esta oportunidad, más que de sus contribuciones a las ciencias naturales nos ocuparemos de su papel preponderante en la consolidación de una tradición experimental.

Con una evidente influencia de la filosofía de Bacon, el experimento se convirtió en un aspecto fundamental de la ciencia de Boyle, quien consideró que era solo mediante las observaciones controladas en el "laboratorio" que podíamos observar los *hechos*. Para Boyle, entonces, el fin de la ciencia es la observación de hechos (*facts*) como el verdadero espejo de la realidad. Lo que

diferencia un hecho de un artefacto o de un producto de la imaginación es justamente que el *hecho* no es fabricado; lo que es elaborado o construido por el hombre no es natural y se puede deshacer, pero los hechos son la realidad misma. Sin embargo, así como la verdad es algo que puede cambiar, trataremos de mostrar cómo los *hechos* también tienen historia.

Los experimentos desarrollados por Boyle con la campana de vacío se convirtieron en el símbolo de la nueva ciencia y su fundamento empírico. La idea del experimento como medio para descubrir la realidad merece un análisis cuidadoso[26]. Como veremos a continuación, la justificación presentada por Boyle tendría argumentos de tipo epistemológico, y la definición de un conjunto de prácticas y reglas de la producción y comunicación del conocimiento.

En *Nuevos experimentos físico-mecánicos* (1660), y a lo largo del resto de su obra, Boyle defendió las reglas de juego de una nueva forma de producir y validar conocimiento por medio de experimentos hechos en el laboratorio. Lo que estaba en disputa era mucho más que un debate sobre la naturaleza del aire, era lo que se entiende por genuino conocimiento. Es decir, quién tiene autoridad para hablar por los demás y definir los límites entre las creencias u opiniones y la verdad o los hechos. Para empezar, como ya se mencionó, la presencia de testigos idóneos y la creación de un público en el marco de la Real Sociedad de Londres constituyeron el desarrollo de un ámbito social para las prácticas científicas e hicieron posible que la experiencia de unos pocos se convirtiera en una experiencia y un conocimiento universal.

Veamos, paso a paso, cómo se produjo esta legitimación de conocimiento. En primera instancia, el problema al que se enfrentó Boyle al querer establecer los criterios para diferenciar opinión o creencia de conocimiento no fue nada trivial. Es importante tener presente que las categorías de *conocimiento* o *ciencia* que hoy compartimos no existían en el siglo XVII y fueron construidas en medio de prácticas y debates filosóficos complejos.

Una larga tradición filosófica parecía asumir que la producción de conocimiento y su comunicación eran actividades distintas. A pesar de ello, una lección en apariencia simple de los recientes estudios sociales de la ciencia fue haber hecho evidente que el conocimiento es comunicación. El punto de partida de los análisis de Steven Shapin sobre la importancia de Robert Boyle en la historia de la ciencia moderna nos muestra cómo, para entender el "descubrimiento", o mejor, la construcción de *hechos*, es necesario entender las prácticas que hacen posible su comunicación. En este caso en particular, debemos entender cómo la experiencia de algunos se convierte en la de muchos, lo cual es posible como resultado de complejas prácticas

[26] El clásico estudio sobre Boyle y la tradición experimental es el de Steven Shapin y Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump* (Princeton: Princeton University Press, 1985).

comunicativas con las cuales se define un lenguaje común y se consolida un público que comparte una forma de ver y de pensar.

La existencia de un hecho implica crear consenso, convertir la experiencia de pocos en una vivencia universal. Boyle estaba consciente de ello y utilizó diversos métodos para multiplicar los *testigos* que compartían una misma observación y, así, convertir sus experimentos realizados en presencia de muy pocos testigos en la experiencia de muchos, incluso de quienes no tenían acceso a los laboratorios de la Real Sociedad. La experiencia de un individuo no puede considerarse más que eso y está muy lejos de ser un *hecho*, pero si la misma observación es de muchos, y en principio de todos, es entonces cuando podemos hablar de *hechos*.

Una forma de asegurar la multiplicidad de testimonios es crear un espacio físico y social para mostrar hechos. Aunque esta idea la ampliaremos más adelante, el *laboratorio* debió presentarse como un espacio público, a diferencia de lo que había sido el gabinete privado del alquimista. El sectarismo y el secreto de los alquimistas, o los conocimientos revelados a individuos iluminados no pueden contar como conocimiento legítimo. En la filosofía natural como en los juicios legales, la confiabilidad de un testigo o de un testimonio depende de la confiabilidad del observador, pero principalmente de su multiplicidad. Así, los genuinos experimentos deben cumplir con una condición fundamental: la replicabilidad. Un buen experimento debe poderse repetir, pero, como hemos dicho, las condiciones y el buen funcionamiento de aparatos como la campana de vacío no eran fáciles de garantizar. Para confiar en los resultados de los últimos hallazgos de la física de altas energías en el siglo XXI no necesitamos, y desde luego no podemos, acceder, mucho menos tener un reactor nuclear en la casa ni un laboratorio como el de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (Cern) en el vecindario.

Si bien, como hemos dicho, la idoneidad académica y moral de las personas que participan y observan los experimentos es crucial, el más confiable de los testigos aquí no es un caballero o un hombre de bien, sino una máquina. Las máquinas no tienen intereses ni cometen errores, de ahí la fuerza de los instrumentos en la ciencia moderna. De manera que no es Boyle o el hombre de ciencia quien "habla", es la naturaleza misma por medio de la máquina. La bomba de aire o campana de vacío era un aparato bastante complejo y costoso, cuya fabricación requería del talento de los mejores artesanos. Muy pocos tuvieron acceso a este tipo de aparatos y solo una institución poderosa podía costear un producto de esta naturaleza.

Para Boyle, el conocimiento se oficializaba, en este caso, porque, a diferencia de la teología o la magia, tenía múltiples testigos y por lo mismo los experimentos debían ser accesibles a cualquiera. No obstante, era obvio que muy pocos tenían acceso a las experiencias del laboratorio y no todo el mundo podía "ver" lo que allí ocurría. Una persona alejada del contexto científico, un campesino o un comerciante, por ejemplo, no tenía acceso al laboratorio y

era muy probable que no entendiera el propósito del experimento. No hubiera sido un testigo idóneo como sí lo era un caballero, un hombre de ciencia, que conocía el lenguaje, los propósitos y las reglas de juego de los experimentos.

Pero hay otra forma aún más efectiva de reproducir los experimentos que la misma ejecución material y la vivencia directa de una experiencia: su publicación; lo que Steve Shapin llama "testimonios virtuales". Con la imprenta moderna en pleno funcionamiento, los textos y las imágenes impresas desempeñaron un papel clave en la emergencia del conocimiento científico. Los experimentos, la experiencia de algunos, se podía reproducir de manera virtual en textos impresos que narraban e ilustraban lo ocurrido en el laboratorio y hacían posible "observar" un experimento. En efecto, Boyle reprodujo su experimento por escrito de tal manera que "cualquiera" hubiera podido conocer sus resultados. El experimento era presentado con el máximo realismo posible, de tal forma que el lector no considerara necesario repetirlo. Divulgar un experimento mediante textos e imágenes fue un excelente instrumento de legitimación, que facilitó el consenso de una comunidad mucho más amplia que aquella que tenía acceso a los laboratorios.

Resulta entonces crucial entender las prácticas concretas, las circunstancias, los lugares y artefactos involucrados en dichas experiencias dentro de los laboratorios, y explicar de qué manera la experiencia de algunos se transformaba en *hechos* que circulaban y eran accesibles a otros muchos que se encontraban fuera de los límites de este laboratorio. Boyle narró sus investigaciones de manera detallada, precisa, circunstancial y, podríamos decir, realista. Fue fiel a los principios de honestidad y rigor cuando describió lo que en verdad había ocurrido, con el mayor realismo posible; incluso las fallas y los errores quedaron consignados en detalle.

Tal vez sea útil citar un fragmento de su narración del experimento XVII con la campana de vacío:

> [...] Consiguientemente (tras haber superado algunas pequeñas dificultades que se presentaron al principio) se hizo el experimento del siguiente modo: tomamos un cilindro de vidrio estrecho y hábilmente soplado de casi tres pies de longitud [91,5 cm], cuyo agujero tenía un diámetro de un cuarto de pulgada [0,63 cm] menos la anchura de un cabello. Habiendo sellado herméticamente un extremo de dicho tubo, se llenó por el otro de mercurio, procurando al hacerlo que quedasen en el mercurio las menos burbujas posibles. Habiendo luego tapado el tubo con el dedo, se invirtió y se abrió, según se usa hacer en el experimento [...][27].

[27] Robert Boyle, *Física, química y filosofía mecánica* (Madrid: Alianza Editorial, 1985), 52.

La confianza requería, además, de idoneidad moral; quien narraba debía hacer gala de honestidad. Un verdadero hombre de ciencia, como el Dios de Descartes, no engañaba, y muestra de ello es que no ocultaba los errores ni las fallas. Así, Boyle era claro: "Me atrevo a hablar con confianza y de manera positiva sobre muy pocas cosas, excepto de los hechos"[28].

En la difusión de estas experiencias, el uso de imágenes adquirió una relevancia notable. La manera como se presentó la campana de vacío en el papel es un buen ejemplo. Los dibujos que acompañan los textos no son simples esquemas, tienen un grado de realismo muy evidente. Cada pieza y su descripción son tan precisas que el lector, sin posibilidad de haber sido testigo directo, vive el experimento de manera virtual. Como podemos apreciar en la imagen XVI.3., el uso meticuloso de sombreado y la representación por separado de cada componente nos dan la confianza de estar observando, no la idea abstracta de la campana de vacío, sino una campana en particular. Lo anterior no es muy distinto al realismo que buscaron los artistas del Renacimiento con su copia fiel de la realidad ni al que encontramos en publicaciones de la misma Real Sociedad como *Micrographia* de Robert Hooke. La ciencia experimental requería de cuidadosas técnicas de representación visual que garantizaran la confianza de una observación del mundo material, de la naturaleza, en impresos de dos dimensiones.

En conclusión, el caso de Boyle nos muestra las complejas prácticas que hacían posible que el conocimiento de unos pocos se convirtiera en el conocimiento de muchos, incluso de "todos", adquiriendo así un carácter de verdad universal. El respaldo de una sociedad científica fuerte, una difusión escrita amplia y hacer del experimento algo público, con testigos que corroboraran los resultados eran elementos que no se podían dejar de lado en este proceso de generar conocimiento científico universal.

Boyle no fue el primero ni mucho menos el último defensor de la tradición experimental, pero su posición en la Real Sociedad de Londres le dio una importancia histórica relevante. La Real Sociedad no fue un lugar abierto y fueron muy pocos los que tuvieron acceso a sus salones o laboratorios; pero los protocolos y la retórica, los medios de comunicación con que contaba, la convirtieron de cierta manera en un espacio público: no porque abriera sus puertas a cualquiera, sino porque lo que allí ocurría era presentado a muchos otros de manera confiable. Boyle y quienes lo rodearon lograron algo definitivo para la ciencia moderna: la confianza y el consenso de un público relevante.

La conclusión de un análisis histórico de lo que ocurría en la Real Sociedad de Londres del siglo XVII es que no había posibilidad de hablar de

[28] "[...] I dare speak confidently and positively of very few things, except of matters of fact". Citado en Steven Shapin, "Pump and Circumstance: Robert Boyles's Literary Technology". *Social Studies of Science* 14, n.º 4 (1984): 496. Traducción propia.

IMAGEN XVI.3. *Campana de vacío, Robert Boyle,* Nuevos experimentos físico-mecánicos, *1660*

FUENTE: "Boyle's first air pump. Wellcome M0010676", *Wikimedia Commons*, última modificación 28 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/TwCq.

conocimiento por fuera de prácticas, colectivos y estrategias de comunicación específicas[29].

La tradición experimental suele asociarse, con buenos argumentos, a una tradición inglesa, pero Londres no fue el único lugar donde se hizo de los experimentos la base de una nueva filosofía natural. Los experimentos de Galileo, como hemos mostrado, fueron un caso notable. En Francia, por otra parte, en el mismo periodo del auge de la Real Sociedad, los trabajos del matemático Blaise Pascal y sus famosos experimentos con un barómetro de mercurio en el Puy-de-Dôme fueron otro destacado ejemplo de la experimentación como fundamento de una nueva ciencia.

[29] Shapin, "Pump and Circumstance", 481-520.

Blaise Pascal (Clermont-Ferrand, Francia, 1623-1662)

Filósofo, teólogo y matemático. Sus estudios se enfocaron en las áreas de la probabilidad, la mecánica de fluidos y el análisis del vacío. Blaise Pascal fue hijo de un importante magistrado francés y consejero real llamado Étienne Pascal, quien también realizó estudios sobre matemáticas. Blaise no asistió como estudiante a una universidad, pues su padre prefirió ser su instructor y maestro. Hacia 1640, Étienne Pascal se trasladó con su familia a Normandía, donde ocupó el cargo de comisario real. Fue allí donde Blaise patentó, a muy temprana edad, la llamada rueda de Pascal, una calculadora mecánica que permitía realizar adiciones. Hacia 1647 publicó su obra *Traité du vide*, en la cual afirmó que el vacío existe como elemento físico y no solo como concepto abstracto. Para tal fin replicó experimentos que había hecho antes Evangelista Torricelli. Después de esto, Étienne se mudó a París con su familia. En esta ciudad Blaise realizó estudios de probabilidad, muy relacionados con los juegos de azar que acostumbraba practicar la alta sociedad francesa a la que él pertenecía. Sobre este tema y otros problemas matemáticos pudo compartir ideas con el también matemático francés Pierre de Fermat. Pascal publicó en 1654 *Traité du triangle arithmétique* y *Traité des ordres numériques*. A lo largo de su vida, pero con mayor intensidad al final de esta, Pascal tuvo una profunda devoción religiosa. Así, sin abandonar del todo sus estudios de matemáticas, en sus últimos años se dedicó con mayor vigor a la filosofía y a la teología. Su obra *Pensées sur la religion* quedaría inconclusa. En ella hacía una defensa férrea del cristianismo. Pascal murió en París a los 39 años.

En 1648 Pascal le escribió desde París a Florin Périer solicitándole hacer un cuidadoso experimento: llevar un barómetro de mercurio cerca de las montañas de Puy-de-Dôme para corroborar si la altura de la columna de mercurio sobre el tubo de vidrio variaba con la altura, bajo el supuesto de que la presión del aire determina la medición y que la presión del aire disminuye con la altura. El aparato, en sí mismo una novedad, fue diseñado en la década de 1640 por Evangelista Torricelli, quien fue cercano a Galileo al final de su vida. Pascal publicó una narración de estos experimentos realizados por su colaborador, con comentarios suyos, en ella concluyó que el cuidado con el cual se habían hecho las observaciones era el fundamento de un método para la búsqueda de verdades universales.

Capítulo XVII

RACIONALISMO Y FILOSOFÍA MECÁNICA: RENÉ DESCARTES

La idea del conocimiento científico y el acceso a la verdad, tal y como se entiende en el mundo occidental, proviene de dos tradiciones filosóficas en apariencia distintas, pero que se han combinado y se han convertido en los dos grandes pilares del pensamiento moderno: el empirismo, descrito en el apartado anterior, y el racionalismo, del cual nos ocuparemos en este capítulo. Para este fin nos apoyaremos en uno de sus mayores exponentes: René Descartes. No es nuestro propósito formular una definición de *ciencia* en términos metodológicos ni argumentar que la historia de la ciencia moderna responde a la aplicación de un único método; sin embargo, la influencia de la obra de Descartes es clara y duradera.

Descartes es conocido hoy en día por obras como el *Discurso del método*, *Meditaciones metafísicas* y los *Principios de la filosofía*, todos ellos trabajos que hoy clasificamos dentro de la filosofía más que en cualquier otra disciplina. No obstante, sus intenciones distaban mucho de establecer tal separación entre las diferentes áreas del saber. Por el contrario, su filosofía pretendía mostrar la unidad de todo el conocimiento desde un único método que cumpliera un propósito mayor: darle a todo el conocimiento un fundamento universal, libre de toda incertidumbre.

En 1637 publicó su más famoso libro, *Discurso del método*, una de las primeras obras filosóficas que no se escribían en latín y en la cual su autor hizo un breve análisis del llamado método deductivo y presentó un esquema de su visión del mundo. En 1641, con la publicación de otra de sus obras, *Meditaciones metafísicas*, Descartes continuó con sus reflexiones sobre el método deductivo como el único camino adecuado para aproximarse al estudio de la naturaleza. Si bien hoy su obra filosófica es más conocida, Descartes fue autor de una amplia obra en diversas ramas del conocimiento. En su tratado *El mundo* reunió tres grandes temas: dióptrica, geometría y meteoros, que ya habían sido introducidos en su *Discurso del método*. En 1644, publicó su última obra, *Principios de la filosofía*, en la cual se compilaron sus ideas tanto en el ámbito físico como en el metafísico.

René Descartes (La Haye en Touraine, Francia, 1596-1650)

Filósofo y matemático francés. Su padre, Joachim Descartes, fue consejero del Parlamento de Bretaña. René Descartes estudió derecho en la Universidad de Poitiers, donde se convenció de que la matemática era el método más certero por el cual se podía acceder al conocimiento. Descartes desarrolló esta idea cuando estuvo en el ejército del duque Maximiliano de Baviera, alrededor de 1619, y que se hacen evidentes en su producción filosófica más conocida: *Discurso del método*. Dicho libro, que en realidad iba a ser el prólogo de sus siguientes ensayos científicos, se hizo muy popular, sobre todo por la defensa de un escepticismo radical como punto de partida para un verdadero conocimiento. En 1643 fue nombrado consejero de Isabel de Bohemia, princesa de Holanda, donde residió buena parte de su vida. Holanda fue un territorio pacífico que no se vio involucrado en la guerra de los Treinta Años que se dio en el centro de Europa desde 1618 hasta 1648. No obstante, en 1619 viajó a Dinamarca y luego a Alemania, y pasó a Francia en 1622, donde conoció a Pascal y se hizo conocer en la comunidad filosófica europea. Gracias al reconocimiento que alcanzó, la reina Cristina de Suecia le solicitó trasladarse a su país para que se convirtiera en su maestro. En 1650 murió de una neumonía.

Las bases de la filosofía cartesiana

En octubre de 1638, en una carta enviada a su amigo matemático Marin Mersenne, Descartes afirmó que Galileo había construido una ciencia sin fundamentos. Aunque compartía con él la importancia que le asignaba a las matemáticas, Descartes consideraba que la obra de Galileo y la ciencia en su totalidad carecían de un método que garantizara su fundamentación. ¿Por qué pensó Descartes que Galileo no había fundamentado de manera correcta su ciencia y cómo creía el pensador francés que se podía alcanzar entonces un conocimiento genuinamente fundamentado? O, en otras palabras, ¿cómo es posible determinar con absoluta claridad la diferencia entre el verdadero conocimiento y la simple conjetura o creencia? La credibilidad suele relacionarse con una creencia y con la fe, que, sobra decir, tuvo una connotación positiva en el mundo cristiano y en la teología; pero a lo largo del siglo XVII adquirió un sentido negativo, asociado a la idea de ingenuidad, creencias sin fundamento o errores. Por eso se requirió de una nueva credibilidad, de una nueva autoridad[1].

[1] Burke, *Historia social Gutenberg*, 270.

Si bien las matemáticas eran una de las siete artes liberales universitarias, en la dominante tradición filosófica aristotélica ocuparon un lugar secundario frente a la filosofía natural o la teología. Desde el mundo antiguo, la cantidad y la medida habían desempeñado un papel clave en ciertas ciencias como la astronomía y la cartografía; aunque en la tradición escolástica no se había defendido un fundamento matemático para el conocimiento. En parte como consecuencia de la preponderancia del platonismo en ciertas manifestaciones del Renacimiento que hemos comentado, las matemáticas y la geometría tuvieron una importancia notable en las artes y en la obra de pensadores como Leonardo y Brunelleschi, al igual que en los grandes protagonistas de la llamada revolución copernicana, entre ellos, Kepler y Galileo. Esta fue una de las luchas de Galileo por ganar reconocimiento y autoridad como filósofo matemático.

En su propósito por encontrar un fundamento absoluto para el conocimiento, la filosofía cartesiana les otorgó a las matemáticas una función distinta dentro de la filosofía natural, no tanto en un sentido ontológico, a la manera de Pitágoras o Platón, sino metodológico. El rigor y la exactitud de las matemáticas parecen haber fascinado a Descartes desde muy joven y esto marcó el carácter de toda su filosofía. El método que nos propuso para la ciencia y la filosofía es un método de carácter deductivo, en el cual el conocimiento sobre el mundo debe ser deducido de principios evidentes e irrefutables. Su gran proyecto filosófico buscó ser un método seguro para llegar al conocimiento verdadero, y fundar y unificar todas las ciencias a partir de principios irrefutables. Al respecto, en sus *Principios de la filosofía*, Descartes afirmó: "La filosofía es como un árbol, del cual la raíz es la metafísica; la física, el tronco, y todas las otras ciencias, sus ramas que crecen del tronco"[2].

La mejor introducción a su filosofía es el *Discurso del método*. En este libro, y casi de manera autobiográfica, Descartes cuenta cómo, después de invertir mucho tiempo leyendo las ideas de los antiguos y las de otros, se encontró rodeado de tantas dudas y errores que se vio obligado a tomar la determinación de hacer a un lado toda la historia de la filosofía para iniciar un ejercicio filosófico sin prejuicio alguno. Al respecto dijo: "Yo he decidido abandonar por completo el estudio de las letras y no buscaré ninguna otra ciencia distinta del conocimiento de mí mismo o del gran libro del mundo"[3]. En las primeras líneas de sus *Principios de la filosofía*, Descartes es claro:

[2] "Thus, all philosophy is like a tree, of which metaphysics is the root, physics the trunk, and all the other sciences the branches that grow out of this trunk". René Descartes, *A Discourse on Method: Meditations and Principles*, traducido al inglés por Tom Sorell (Londres: Everyman Classics, 1986), 156. Traducción propia.

[3] "I entirely abandoned the study of letters, and resolved no longer to seek any other science than the knowledge of myself, or of the great book of the world". Descartes, *A Discourse on Method*, 8. Traducción propia.

IMAGEN XVII.1. *El árbol del conocimiento*

En el árbol del conocimiento todas las ciencias tienen como base la física, y esta a su vez tiene un fundamento metafísico.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

"Para buscar la verdad, es necesario una vez en la vida, dudar, en la medida de lo posible, de todas las cosas"[4].

Desde luego, para él no todas las ciencias son fuente de error y duda en igual medida y, como ya habíamos dicho, su fascinación por el rigor y la certeza de las matemáticas marcó el rumbo de su filosofía. Siguiendo el tipo de razonamiento que utilizó para resolver un problema de geometría, Descartes se impuso a sí mismo cuatro reglas que debían guiarlo y que nunca podría quebrar: (1) "Nunca aceptar nada como verdadero, nada de lo cual no tenga total claridad; es decir, de manera cuidadosa evitar toda precipitación o prejuicio, y no incluir en mis juicios nada que no tenga en mi mente con absoluta claridad y distinción para así excluir posibilidad de duda"; (2) "dividir cualquier dificultad en tantas partes como sea posible y tantas como sean adecuadas para su solución"; (3) "dirigir mis pensamientos en un orden tal que siempre comience por examinar los objetos más simples y fáciles de conocer. Así podré ascender poco a poco, paso a paso, hacia el conocimiento de algo complejo", y (4) "en cualquier caso debo hacer enumeraciones tan

[4] "That in order to seek truth, it is necessary once in the course of our life to doubt, as far as possible, of all things". Descartes, *A Discourse on Method*, 165. Traducción propia.

complejas y revisiones generales, de manera que pueda estar seguro de que nada fue omitido"[5].

En el apartado IV del *Discurso del método* encontramos el corazón de la filosofía cartesiana. Siguiendo las cuatro reglas mencionadas, con las que la duda se ha convertido en la esencia de su método, estaríamos obligados a rechazar y considerar falsa cualquier idea u opinión sobre la cual uno pueda suponer que existe la más mínima posibilidad de duda. Esto quiere decir que no podemos tener certeza de lo que conocemos por medio de los sentidos, que muchas veces nos engañan; tampoco de nuestros pensamientos, los cuales, aun con el problema más simple de geometría, están sujetos al error.

En sus *Meditaciones metafísicas*, el escepticismo es llevado al extremo de suponer que un demonio maligno, al ser todo poderoso, nos puede estar engañando todo el tiempo. Así mismo escribe: "Yo voy a suponer que el aire, el cielo, la tierra, los colores, las figuras, sonidos y todas las cosas exteriores no son más que ilusiones de sueños [...]"[6]. En otras palabras, no hay nada en absoluto de lo cual podamos tener certeza.

Hemos descrito el Renacimiento como un periodo de emancipación humana que implicó un hombre con renovada confianza en sus propias capacidades; pero no podemos olvidar que la renovación siempre ha estado acompañada por el escepticismo; en ocasiones, como es el caso de Descartes, bastante radical. La renovación, la idea de partir de cero, que vimos en los empiristas, también implicó profundos cuestionamientos y podríamos decir que el siglo XVII, que identificamos con el nacimiento de la ciencia moderna, también fue un momento de crisis, de paradigmas que requerían ser sustituidos[7].

En medio de la incertidumbre, Descartes necesitaba un punto de partida sólido, algo que se encontrara por fuera de toda posibilidad de duda. En sus propias palabras:

[5] The first was never to accept anything for true which I did not clearly know to be such; that is to say, carefully to avoid precipitancy and prejudice, and to comprise nothing more in my judgment than what was presented to my mind so clearly and distinctly as to exclude all ground of doubt. The second, to divide each of the difficulties under examination into as many parties as possible, and as might be necessary for its adequate solution. The third, to conduct my thoughts in such order that, by commencing with objects the simplest and easiest to know, I might ascend to the knowledge of the more complex... And the last, in every case to make enumerations so complete, and reviews so general, that I might be assured that nothing was omitted". Descartes, *A Discourse on Method*, 15-16. Traducción propia.

[6] "I will suppose that the sky, the air, colours, figures, sounds and all external things, are nothing better than the illusions of dreams". Descartes, *A Discourse on Method*, 84. Traducción propia.

[7] La noción de *paradigma* es desarrollada por Thomas Kuhn en su obra *La estructura de las revoluciones científicas* (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2013).

> Cuando hasta ahora he querido pensar que todo es falso, es absolutamente necesario que yo estuviera pensando y por lo tanto el pensamiento tiene que ser algo que llegue a concluir esta verdad, yo pienso luego yo existo (*ego cogito ergo ego sum*), lo cual es tan cierto que no hay posibilidad de duda, ni evidencia, por más extravagante que pudiera utilizar el más escéptico de los hombres, y llegué a la conclusión de que podría aceptar sin vacilación este como el primer principio de la filosofía que estaba buscando[8].

Aquí tenemos el primer principio de la filosofía que buscaba. Si bien Descartes advierte su abandono del estudio de las letras, resulta inevitable reconocer una obvia similitud de su razonamiento con cierta tradición platónica y de manera muy específica con los argumentos de san Agustín en su refutación al escepticismo (véase el capítulo VI).

Antes de seguir con su filosofía, debemos ver con más cuidado esta única verdad, "Yo pienso luego existo". Como señala Descartes en la segunda meditación, "Yo soy de manera más precisa, únicamente una sustancia pensante, es decir, mente"[9]. De manera que, a diferencia del cuerpo y del mundo material (sustancia material, *res extensa*), lo único de lo cual se puede asegurar su existencia es algo que piensa (sustancia pensante, *res cogitans*) que no puede depender de nada corpóreo. Aquí Descartes introduce una diferenciación radical entre la mente y el cuerpo, que sería central para sus planteamientos y fundamental para la filosofía mecánica.

Tenemos, entonces, por lo menos, una proposición de la cual no podemos dudar: para pensar es necesario que lo que piensa exista y hasta el momento no podemos tener certeza de la existencia de nada distinto a la mente. Pero ¿cómo podemos dar un paso más? ¿Cómo salir de esa única verdad? ¿Cómo podemos tener conocimiento sobre el mundo exterior a partir de esa única certeza? Veamos la respuesta del filósofo francés.

Hasta entonces Descartes sabía que existía y además sabía que él no era perfecto, pues podía ver que era mejor saber que dudar, y que esa idea de una naturaleza más perfecta que él mismo no podía provenir de su imperfección, sino que tenía que tener un origen en algo distinto a él, lo cual no podía ser otra cosa que un ser perfecto, esto es, Dios. Aún más, Descartes pudo concluir que un ser que contiene todas las perfecciones tiene que existir, ya que para ser perfecto no existir es imposible.

[8] "Whilst I thus wished to think that all was false, it was absolutely necessary that I, who thus thought, should be somewhat; and I observed that this truth, I think, hence I am, was so certain and and of such evidence, that no ground of doubt, however extravagant, could be alleged by the sceptics capable of shaking it, I concluded that I might, without scruple, accept it as the first principle of the philosophy of which I was in search". Descartes, *A Discourse on Method*, 26-27. Traducción propia.

[9] "I am therefore, precisely speaking, only a thinking thing, that is, a mind". Descartes, *A Discourse on Method*, 88. Traducción propia.

> Si examinamos la idea de un ser perfecto, encontramos que su existencia forma parte de esa idea de la misma manera que en la idea del triángulo rectángulo está la igualdad de sus tres lados y un ángulo recto, o en la idea de que en una esfera está implícita la equidistancia de la superficie del centro [...] la demostración de la existencia de Dios es tan cierta como lo puede ser cualquier demostración en geometría[10].

Una vez más, las similitudes de sus argumentos con los de la teología medieval son evidentes, en este caso particular con la demostración de la existencia de Dios de san Anselmo[11] (véase el capítulo VI).

Descartes se tiene a sí mismo y tiene a Dios, las dos únicas cosas que necesita para construir su sistema de conocimiento. Un Dios perfecto, supremamente bueno, no podría haber creado un mundo ininteligible y el engaño tampoco sería propio a su naturaleza. Dios es, entonces, la respuesta que Descartes necesita para pasar del escepticismo a la confianza de poder conocer el mundo exterior.

En sus *Principios de la filosofía* Descartes escribió: "La voluntad de engañar solo proviene de la malicia, el miedo o de la debilidad y por lo tanto no puede atribuírsele a Dios", y más adelante concluye: "[...] por lo tanto, todo lo que percibimos con claridad es verdad, con lo cual quedamos libres de la duda que inició nuestra reflexión"[12]. Nuestra certeza es consecuencia de la bondad de Dios y Él, al ser la fuente de la verdad, nos da la facultad de distinguir la verdad del error. Este problema, que podría verse como epistemológico —es decir, un problema del conocimiento—, tiene para Descartes una solución de carácter religioso. De manera que, en aspectos fundamentales de la filosofía de uno de los pensadores más importantes de la modernidad, encontramos un componente teológico explícito y fundamental.

A pesar de que Descartes enuncia al inicio de su obra un escepticismo radical, y es muy claro sobre su desconfianza en la historia de la filosofía, es también evidente que sus argumentos fueron familiares en tradiciones platónicas y teológicas anteriores. Tal y como lo vimos en el acápite sobre la verdad de la fe, en los argumentos de Descartes se reconoce la misma forma de pensar de los de grandes pensadores cristianos como san Agustín o san

[10] "[...] the examination of the idea of a Perfect Being, I found that the existence of the Being was comprised in the idea in the same way that the equality of its three angles to two right angles is comprised in the idea of a triangle, or as in the idea of sphere, the equidistance of all points on its surface from the centre, or even still more clearly; and that consequently it is at least as certain that God, who is this Perfect Being, is or exists, as any demonstration of geometry can be". Descartes, *A Discourse on Method*, 30. Traducción propia.

[11] Canterbury, *Proslogion*, 56-57.

[12] "The will to deceive only proceeds from malice or from fear and weakness, and consequently cannot be attributed to God. That consequently all which we clearly perceive is true, and that we are thus delivered from the doubts above proposed". Descartes, *A Discourse on Method*, 176-177. Traducción propia.

Anselmo. A diferencia de los padres de la Iglesia, un punto clave en la filosofía cartesiana sería su total confianza en el racionalismo. La existencia de Dios es una demostración racional, no un acto de fe.

Es importante reconocer que Descartes estuvo siempre ansioso de no ser catalogado como ateo y de no tener problemas con la Iglesia. De hecho, suspendió la publicación de *El mundo* después de oír que Galileo había sido condenado por la Inquisición en Roma por haber divulgado la idea de que la Tierra estaba en movimiento. Sin embargo, el contenido teológico de la filosofía cartesiana es mucho más que retórico o una conveniencia política. Sin Dios, como es evidente, la filosofía cartesiana carecería de fundamento y de sentido.

Ni la filosofía ni la ciencia del siglo XVII, muchas veces asociadas con la modernidad, lograron —ni tampoco era su propósito— la fundación de una ciencia secular. La filosofía mecánica de Descartes puede haber sido el germen de un materialismo secular, pero no es posible encontrar en la obra de Descartes ni en la de sus contemporáneos dicho pensamiento. Según Descartes, tenemos entonces certeza de la existencia del sujeto pensante y de Dios; pero aún no sabemos cómo llegar al conocimiento del mundo exterior. Es aquí el momento en el que debemos prestar atención a su defensa de un método deductivo.

La deducción parece ser el único camino seguro para evadir los poco confiables efectos de la experiencia de los sentidos. Una vez se ha negado la posibilidad de recurrir a la experiencia y a los sentidos como fundamento del conocimiento, Descartes nos guía y muestra el camino para una filosofía natural pura. En el capítulo VII de *El mundo* podemos leer: "Introduciré aquí dos o tres reglas principales mediante las cuales es necesario pensar que Dios hace actuar la naturaleza en este nuevo mundo, reglas que bastarán para hacernos conocer las restantes"[13]. La primera ley, que ya habíamos mencionado, dice que cada partícula de la materia permanece en el mismo estado a menos que otra fuerza cambie su estado. La segunda ley dice que cuando un cuerpo empuja a otro, el primero no puede generar ningún tipo de movimiento a menos que pierda la misma cantidad de movimiento. La última ley nos dice que un cuerpo siempre tiende a continuar su movimiento en línea recta.

Una vez enunciados estos tres principios, Descartes señala que estos se derivan de una única ley, según la cual Dios es inmutable y siempre actúa de la misma manera y produce el mismo efecto. Es decir, las leyes de la naturaleza no son el producto de observaciones empíricas sino de un primer principio metafísico-teológico. Descartes concluyó entonces que aquellos que examinan con detenimiento las consecuencias de estas verdades y siguen dichas reglas pueden conocer las causas de los efectos y estarán en

[13] René Descartes, *El mundo o tratado de la luz* (Barcelona: Antropos, 1989), 38.

capacidad de llegar a demostraciones *a priori* de cualquier fenómeno del mundo.

A pesar de ello, es casi imposible sostener que toda la ciencia cartesiana es consecuente con ese ideal de un conocimiento deductivo. Aunque la descripción del universo en su libro *El mundo* es presentada como un modelo hipotético, resulta difícil aceptar que sus teorías sobre la materia, la luz, el calor, entre otras, son producto de la simple deducción de estos principios *a priori*.

Aún más, si examinamos el papel de los experimentos en la ciencia de Descartes, surgen obvias ambigüedades. A pesar de su insistencia en una ciencia deductiva, muchas veces admite la importancia de los experimentos para el progreso del conocimiento. Por ejemplo, en la parte VI del *Discurso del método* leemos: "Pero es necesario confesar que el poder de la naturaleza es tan amplio y vasto, y estos principios tan simples y generales [...] que a veces no podemos excluir ciertos experimentos que sirvan de guía"[14]. Una ciencia deductiva, fundada en principios *a priori*, parece más un ideal de la filosofía, de un conocimiento puro al que debemos aspirar; pero es evidente que los contenidos de las ciencias naturales, de la misma obra de Descartes, deben mantenerse al nivel de conjeturas de hipótesis probables, en las cuales la experiencia debe servir de guía pero no de fuente de certeza absoluta.

La filosofía mecánica

El punto de partida de la filosofía de Descartes, la única certeza posible con la cual inició sus reflexiones sobre el conocimiento, fue la existencia de la mente, de *algo* que piensa y que se diferencia por completo del cuerpo y del mundo exterior. Este inicio de la filosofía moderna es también la formulación más contundente de la radical dicotomía entre el sujeto y el *objeto*. La idea misma de *objetividad*, tan clave para el desarrollo de la ciencia más adelante, no sería posible sin esta radical distinción, sin un mundo externo e independiente del sujeto que conoce.

El famoso dualismo cartesiano (entre *res cogitans* y *res extensa*) sostiene que toda la materia es extensión y que lo que llamamos espíritu es una sustancia caracterizada por el acto del pensamiento que existe de forma independiente de la materia. De tal manera, todo el mundo material es una sustancia inerte, no pensante, que puede ser entendida en términos de forma, tamaño y movimiento, en la que no hay lugar para la intervención de alguna voluntad o inteligencia natural o divina. Recordemos que Descartes

[14] "But it is necessary also to confess that the power of nature is so ample and vast, and these principles so simple and general [...] I cannot otherwise extricate myself than by again seeking certain experiments [...]". Descartes, *A Discourse on Method*, 51. Traducción propia.

caracterizó la naturaleza del movimiento en su primera ley de la naturaleza afirmando que "la materia siempre se mantendría en el mismo estado a menos que entre en contacto con otras fuerzas que la obliguen a cambiar de estado"[15]. Esta idea implica que no se requiere nada para mantener la materia en movimiento, y de tal manera se desconoce un elemento fundamental de la tradición aristotélica. Una vez Dios ha dado a la materia su movimiento original, Él no tiene que intervenir en el curso de la naturaleza y esta, por lo tanto, es autónoma. No es una coincidencia que los grandes pensadores en la construcción de una filosofía mecánica, como Descartes y Galileo, fueran también los gestores de la idea de que el movimiento es un estado natural que no necesita causas. Para Descartes, entonces, la naturaleza se entiende como un gran artilugio autónomo y separado de cualquier intervención o fuerza exterior.

A pesar de su insistencia en darle un fundamento teológico a su filosofía, ideas como la anterior sobre el movimiento y, en general, su visión mecánica del mundo no fueron siempre bien vistas por la Iglesia. Así, más de una vez sus pensamientos fueron señalados como peligrosos o como errores de impiedad. El dualismo cartesiano podría interpretarse como la semilla de un materialismo en el cual el mundo natural no necesita de Dios. Otra interesante consecuencia, y extraña para su tiempo, de su radical separación entre mente y cuerpo fue la posibilidad de concluir que no existe tal cosa como una racionalidad masculina o una mente femenina y la existencia de una mente sin cuerpo podría suponer equidad entre las capacidades intelectuales de hombres y mujeres.

Descartes decía que tenemos la tendencia a maravillarnos de las cosas que están más allá de nuestro entendimiento y buscamos explicaciones de carácter espiritual o religioso. Sin embargo, al respecto afirma que no importa que tan extraño sea un evento, todo puede ser explicado en términos mecánicos. Cercano a las tesis del atomismo griego, el cual suponía que toda la materia estaba compuesta de átomos, Descartes sostuvo que todos los fenómenos naturales son producidos por partículas de materia en movimiento. Para Descartes, como para Aristóteles, no puede existir un espacio sin materia y así pretendió negar cualquier tipo de explicación que no concibiera al mundo como algo material.

La alegoría de la máquina desempeñaría un papel notable y por lo mismo se haría uso de la expresión *filosofía mecánica*. Los primeros relojes mecánicos aparecieron en Europa a finales del siglo XIII y fueron cada vez más comunes en las grandes ciudades a lo largo del siglo siguiente. Ya para el siglo XVI, las ciudades europeas contaban con máquinas complejas y referentes frecuentes de la filosofía moderna.

[15] Descartes, *El mundo o tratado*, 38.

IMAGEN XVII.2. *Reloj astronómico de la catedral de Estrasburgo, siglo XVI*

FUENTE: Antonio Abrignani.

El reloj de la catedral de Estrasburgo es un ejemplo notable. Llamaba la atención por indicar, además de las horas, los ciclos lunares y solares y tener un gallo autómata que cantaba tres veces al mediodía. Así se refiere Robert Boyle a esta maravillosa máquina:

> Las diversas piezas que forman esa curiosa máquina están tan bien montadas y adaptadas entre sí, y tienen tales movimientos que, aunque las numerosas ruedas y otros mecanismos se mueven de manera distinta, lo hacen sin nada parecido al conocimiento o designio; sin embargo, cada pieza realiza su cometido de acuerdo con el fin para el que fue ideada, tan regular y uniformemente como si lo hiciera de forma deliberada y con la preocupación de cumplir con su deber[16].

El reloj, aunque era un artefacto sin vida, tenía un propósito y era evidente que la aparente inteligencia o intencionalidad de la máquina era el resultado de la inteligencia humana, del fabricante de relojes. Los relojes mecánicos en lugares públicos tuvieron un efecto notable. Los tiempos y ciclos naturales que se podían seguir con relojes solares, empezaron a ser sustituidos por

[16] Shapin, *La revolución científica*, 57.

estos aparatos que regulaban el paso del tiempo sin importar la época del año ni los ritmos naturales. La analogía entre naturaleza y máquina invita a reflexionar sobre la tradicional dicotomía aristotélica entre lo natural y lo artificial. Descartes tuvo una posición clara: "No hay diferencia entre las máquinas que construyen los artesanos y los cuerpos diversos que solo la naturaleza compone"[17]. En el universo, en el mundo natural, de manera análoga vemos orden y propósitos en los organismos y sus partes; y de modo similar podemos argumentar que la inteligencia y el diseño no son de la naturaleza sino de su creador.

Recordemos la idea cartesiana de un árbol del conocimiento cuyo tronco es la física. Descartes afirmó que no hay reglas en la mecánica que no se cumplan en la física, ya que la mecánica es un caso particular de la física. La teoría corpuscular cartesiana buscó dar un fundamento mecánico y físico a todos los fenómenos de la naturaleza.

IMAGEN XVII.3. *Cosmología cartesiana*, Traité de l'opinion u mémoires pour servir a l'histoire de l'esprit humain, *René Descartes, 1733*

FUENTE: "Descartes system of vortices Wellcome M0006150", *Wikimedia Commons*, última modificación 19 de noviembre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/mZpy.

[17] *Ibid.*, 32.

Para entender su física debemos aclarar qué entendía Descartes por materia. La única idea clara y distinta que tenemos de un cuerpo material es su extensión espacial. Los cuerpos pueden variar en sus cualidades, como tamaño, color, olor, pero no es posible imaginar ningún cuerpo sin la idea de extensión espacial. De manera que espacio y materia son una misma cosa, no pueden existir el uno sin la otra. Como resultado, en el universo cartesiano no es posible el espacio vacío.

El movimiento en el espacio de un cuerpo supone entonces el desplazamiento de otro cuerpo o porción de materia que antes ocupaba el lugar del cuerpo en movimiento, y así sucesivamente, lo cual parece suponer que todo movimiento genera una cadena infinita de cuerpos que desplazan otros cuerpos. La solución que ofreció Descartes a esta cadena infinita de movimientos es que el movimiento retorna a su origen. Es decir, el movimiento de la materia siempre obedece a algún tipo de circularidad, como el movimiento que apreciamos en un remolino de agua. En la cosmología cartesiana, que implica un universo infinito en el cual no existe el vacío, el espacio pleno estaría ocupado por un fluido invisible que giraría formando una especie de remolinos o vórtices celestes. El Sol sería el centro de uno de esos vórtices que causa el movimiento de los planetas. Estos, a su vez, pueden ser los centros de otros vórtices menores que actuarían sobre satélites planetarios, como la Luna terrestre[18].

Un ejemplo clásico de este cometido mecánico es el magnetismo, para muchos un fenómeno de naturaleza oculta y mágica. La mecánica cartesiana no reconoce ninguna fuerza oculta y nos ofrece una explicación mecánica para el magnetismo. Para el pensador francés la atracción magnética es causada por el movimiento de partículas en forma de espiral que al girar absorben el aire y atraen otras partículas. Así mismo, esta visión mecánica del mundo llevó a Descartes a tomar distancia de la tradición aristotélica, que suponía una división entre cualidades o fuerzas manifiestas y cualidades ocultas o intangibles, de las que nos ocuparemos en el acápite sobre Newton.

Otro ejemplo notable del intento por dar explicaciones mecánicas a fenómenos naturales fue la explicación de Descartes sobre la naturaleza de la luz. Para Aristóteles, los colores se dividían en reales y aparentes. Esta tesis, que se sostuvo hasta el Renacimiento, planteaba que los colores reales eran propiedades de la superficie de los cuerpos, y aunque son visibles solo cuando hay luz, no desaparecen en la oscuridad. Por el contrario, existen los colores aparentes, que desaparecen en la oscuridad, como los colores del arco iris. Descartes no aceptó esta tradicional distinción entre colores aparentes y reales, y buscó un mismo tipo de explicación para los colores, tanto de los objetos como del arco iris. Para él, los rayos de luz se modifican en su encuentro con los cuerpos y las distintas formas en que dichos cuerpos reflejan

[18] Véase Dear, *Revolutionizing the Sciences*, 93-96.

IMAGEN XVII.4. *Los efectos magnéticos,*
Principia philosophiae, *René Descartes, 1644*

FUENTE: The Picture Art Collection, Alamy, foto de stock.

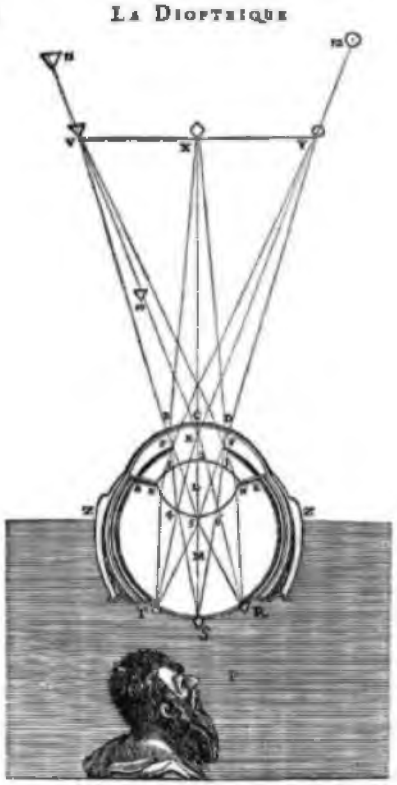
la luz producen distintos colores. En su tratado sobre óptica se ocupó en detalle de la refracción y de la anatomía del ojo, buscando una explicación mecánica del fenómeno de la visión. Pero su explicación seguiría siendo aristotélica en el sentido de que los colores se explicarían como modificaciones de la luz blanca.

La distinción entre mente y materia generó un serio problema epistemológico. ¿Cómo se conectan la mente y el mundo material?, es sin duda una pregunta mayor, que ha puesto en espinosas dificultades a la filosofía por siglos. Si lo que vemos no son más que ilusiones estamos perdidos en la oscuridad de un sujeto que no puede más que dudar. Ya vimos la respuesta que ofrece el mismo Descartes a este problema, pero no nos debe sorprender la importancia que tuvo el análisis de la naturaleza de la luz y los estudios de óptica para la ciencia moderna. Si podemos dar una respuesta mecánica a la forma como vemos el mundo, estaríamos encontrando un punto de contacto, una unión de la mente con el mundo. El "genio maligno" podría estar engañándonos y puede que lo que vemos no sea real sino pura ilusión. Pero ahora no solo Dios y su bondad nos permiten confiar de la realidad de nuestra experiencia, sino que la óptica nos ofrece el camino a la certeza de que lo que vemos es el reflejo de un mundo exterior real, que obedece a leyes matemáticas y, por lo mismo, es verdad. Al igual que Kepler, Descartes se sumó a los esfuerzos de dar una explicación mecánica al fenómeno de la luz y de la

visión en un amplio tratado sobre la naturaleza de la luz, el fenómeno de la refracción, del ojo humano y el fenómeno físico de la visión, al igual que de lentes e instrumentos de observación, como el telescopio.

No podemos subestimar la importancia de Descartes para la ciencia del siglo XVII. Aunque su contribución parece hoy más cercana a la filosofía que a las ciencias naturales, sus reflexiones sobre un método para las ciencias y su visión mecánica del mundo fueron aspectos más influyentes que ningún otro logro científico de su tiempo. Esto no quiere decir que no hubiera sido

IMAGEN XVII.5. *"La dioptrique"*, Discurso del método, *René Descartes, 1637*



FUENTE: "Descartes; Diagram of ocular refraction. Wellcome L0012003". *Wikimedia Commons*, última modificación 26 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019.

un científico de éxito, y sus contribuciones en muchas áreas del saber tuvieron un amplio reconocimiento. Para citar algunos ejemplos, en la óptica creó diversos lentes de telescopios y estudió el fenómeno del arco iris y la refracción. En matemáticas ayudó a establecer una muy novedosa conexión entre el álgebra y la geometría, herramienta que se volvería de una gran importancia y que, entre otras, sería vital para el cálculo diferencial desarrollado por Newton y Leibniz. Asimismo, realizó algunos estudios sobre filosofía natural en las áreas de medicina y ciencias de la vida. Descartes no sería el único, como lo vimos en el capítulo sobre el microcosmos, el lenguaje mecánico se reconoce, por ejemplo, en la obra de otros pensadores, como en la fisiología de Harvey, que se refirió al corazón como una bomba mecánica.

IMAGEN XVII.6. *Los sentidos*, Tratado del hombre, *René Descartes, 1648*

FUENTE: "Descartes-reflex", *Wikimedia Commons*, última modificación 8 de marzo del 2016, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/ZDpRMm.

Capítulo XVIII

ISAAC NEWTON, "SOBRE HOMBROS DE GIGANTES"

Como pocos en la historia de la ciencia, Newton disfrutó en vida de una profunda admiración y respeto de sus contemporáneos. En 1727, en el momento de su muerte, Newton era presidente de la Real Sociedad de Londres y gozaba de la reputación de ser el científico más grande de su época. Parte de la visión que tuvieron de él sus contemporáneos es expresada en el bien conocido epitafio de Alexander Pope: "Nature, and Nature's Laws lay hid in Night. God said, Let Newton Be! and All was Light" (La naturaleza y sus leyes yacían en la oscuridad. Dios dijo: "¡Que exista Newton!", y todo se hizo luz). Isaac Newton fue sepultado en la abadía de Westminster, un honor que no había tenido ningún hombre de ciencia hasta el momento.

Se podría decir, en pocas palabras, que el logro de Newton fue expresar en leyes matemáticas el comportamiento de los cuerpos celestes y terrestres, y que la física newtoniana nos ofrece una explicación completa y armoniosa de la estructura y movimiento del universo. Su obra más conocida, los *Principios matemáticos de filosofía natural*, se convirtió en el modelo cosmológico de mayor reconocimiento desde el de Aristóteles. Newton fue el más importante representante de la nueva física y de la ciencia moderna, en la cual tanto las matemáticas como la experimentación fueron aspectos fundamentales y, a diferencia de la filosofía aristotélica, no pretendió explicar la causa del movimiento sino describir y predecir el comportamiento de la naturaleza haciendo uso de las matemáticas.

Sin embargo, los intereses intelectuales de Newton, y sus más importantes preguntas no se restringieron al campo de la física, la óptica y las matemáticas. Hemos hablado ya de la diferenciación que se ha generado entre dos tradiciones en apariencia antagónicas: por un lado, se habla de una corriente que se identifica con lo racional y, por otro, de una corriente mística y religiosa. Newton se convirtió en el símbolo de la primera y, hasta hace muy poco tiempo, los comentaristas e historiadores dejaban a un lado gran parte de los intereses de Newton por no encontrar una relación directa con sus más celebrados logros. En 1936, John Maynard Keynes adquirió en una subasta una colección de manuscritos inéditos de Newton, entre los cuales se encontraba una nutrida producción en temas como la interpretación de textos sagrados, la alquimia y la magia. Estos manuscritos, que fueron donados al King's College de Cambridge, han permitido descubrir un Newton

IMAGEN XVIII.1. *Grabado en la tumba de Isaac Newton, J. Fittler, 1794*

Grabado del monumento para la tumba de Isaac Newton inspirado en la obra de W. Kent y M. Rysbrack, en la abadía de Westminster erigida en 1731. La simbología de esa tumba ilustra algunos referentes centrales de la influencia de Newton: los niños al frente del sarcófago están jugando con un prisma, un telescopio de reflexión, mientras que otro está pesando el Sol y los planetas. Sobre Newton se encuentra un globo celestial que muestra el camino del cometa de 1681 y la posición de solsticio por medio de la cual dató la antigua expedición griega de los argonautas. Newton está inclinado sobre una torre de libros marcados con las palabras: "Divinidad", "cronología", "óptica" y "Phil.Princ.Math" (*Philosophiae naturalis principia mathematica*), mientras que los querubines a sus pies sostienen una imagen del sistema solar y una serie matemática[*].

FUENTE: "Sir Isaac Newton's monument. Line engraving by J. Fittler", *Wikimedia Commons*, última modificación 17 de junio del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/t1bF-BR.

[*] John Fauvel *et al.*, *Let Newton Be! A New Perspective on his Life and Works* (Nueva York: Oxford University Press, 1988), 1.

bastante más complejo e interesante, para quien el estudio de la alquimia y la teología fueron tan importantes como la filosofía natural.

Isaac Newton nació en 1642, año en el que murió Galileo y en el que Descartes preparaba sus *Principios de la filosofía*. Fue una época en la que la ciencia se institucionalizaba con apoyo del Estado, en especial en 1660 cuando se fundó la Real Sociedad de Londres, la cual fue definitiva en la vida académica y el éxito de Newton.

En términos políticos, Inglaterra estaba pasando de ser una sociedad tradicional jerarquizada, a ser una sociedad moderna en la que el comercio y la clase media cada vez desempeñaban un papel más importante. El debate religioso estaba fuertemente arraigado, y para 1688, Inglaterra estableció como oficial la religión protestante. Las ramificaciones de creencias y tradiciones religiosas de la época fueron una realidad y un aspecto vital para entender la visión que tuvo Newton del mundo.

Por último, el contexto científico fue campo de importantes debates. En la segunda mitad del siglo XVII no había un paradigma estable y quien estudiaba los grandes temas de la cosmología se enfrentaba a preguntas sin clara respuesta. Newton fue el gran unificador y sentó las bases para la consolidación y divulgación de un único sistema físico y cosmológico que pareció ofrecer todas las respuestas.

Algunos autores han presentado a Isaac Newton como un gran sintetizador, es decir, como la persona que unificó los aportes que habían hecho muchos otros años atrás. La revolución científica ya había sido puesta en marcha por pensadores como Copérnico, Kepler, Galileo y Descartes, y la labor de Newton fue concluirla. Tal y como Newton lo reconoce en su carta a Robert Hooke de 1675: "Si he podido ver más lejos, es porque me he sostenido sobre los hombros de gigantes". Como veremos, en la obra de Newton se reconoce la influencia de muchos autores que lo precedieron. Si bien tomó distancia de forma clara con algunos de sus planteamientos, tal vez la influencia más notable sobre Newton fue René Descartes. Sin embargo, también hay autores que ven en Newton al creador de algo totalmente nuevo y por lo tanto se refieren a una revolución newtoniana.

Su obra es sin duda un ejemplo de originalidad y la de un pensador independiente. Sus repetidas sentencias pueden ser útiles para entenderlo: "Platón es mi amigo, Aristóteles es mi amigo, pero aún más lo es la verdad"[1]. La educación formal que tuvo Newton desde niño y hasta Cambridge fue bastante tradicional, pero no hay duda de que la universidad, en especial por fuera de los salones de clase, fue un lugar en el cual circularon nuevas y polémicas ideas sobre filosofía natural, política y religión.

[1] "Plato is my friend, Aristotle is my friend, but truth is a greater friend". Citado en Rob Iliffe, *Newton: A Very Short Introduction* (Oxford: Oxford University Press, 2007), 29. Traducción propia.

Isaac Newton (1642-1727)

Newton nació el día de Navidad de 1642 en Lincolnshire, Inglaterra. Su padre, quien fue un granjero exitoso, murió tres meses antes de su nacimiento. A los doce años inició sus estudios en un *grammar school*, donde recibió educación básica y aprendió latín, requisito para ingresar a la universidad. A los diecisiete años regresó a su casa con el propósito de hacerse cargo de los negocios de la granja, oficio en el cual tuvo poco éxito. En vez de ocuparse del buen manejo de las ovejas, Newton pareció haber dedicado su tiempo a los libros y aparatos con los que demostró una gran habilidad manual. Por fortuna, gracias al mentor escolar y al tío de Newton, la madre de este fue persuadida para que enviara al joven de diecinueve años a la universidad. Meses más tarde entró a estudiar en el Trinity College de la Universidad de Cambridge. Para mantenerse allí, Newton trabajó para los estudiantes adinerados.

El currículo de la universidad era bastante conservador y centrado casi en su totalidad en el estudio de las ideas aristotélicas. Sin embargo, sus lecturas más importantes las hizo de manera extracurricular y se convirtió en un apasionado autodidacta. Newton comenzó a explorar el nuevo mundo intelectual del siglo XVII y leyó con interés autores como Hobbes, Kepler, Galileo, Gassendi y Descartes.

En 1665 Newton recibió su Bachelor of Arts, sin sobresalir demasiado, pero lo suficiente para convertirse en *scholar* del Trinity College. Esto le permitió profundizar en sus propios intereses, en especial en las matemáticas. En el verano de 1665 la plaga invadió Cambridge, lo que obligó el cierre de la universidad y por lo cual Newton debió regresar a Lincolnshire, su pueblo natal.

En los siguientes dos años tuvo un periodo de fertilidad intelectual incomparable y desarrolló las bases de sus posteriores estudios en matemáticas, óptica y mecánica celeste. En 1667 la universidad abrió sus puertas de nuevo y Newton se trasladó de nuevo a Cambridge. Una vez allí, y de manera rápida, fue elegido como *fellow* del Trinity College, y dos años más tarde se le otorgó la posición de *lucasian proffesor** en matemáticas. A lo largo de la década de 1670, Newton abordó de manera mucho más profunda prácticas como la alquimia, la interpretación bíblica y los problemas teológicos, el estudio de los tratados mágicos y la óptica. Esta última lo llevó a fabricar el primer telescopio de reflexión. A lo largo

* El cargo profesoral lucasiano (Lucassian Chair of Mathematics), de la Universidad de Cambridge, fue creado en 1663 por Henry Lucas, miembro del Parlamento inglés y desde entonces lo han ocupado destacadas figuras en matemáticas, como Newton en 1669 y más recientemente Stephen Hawking, entre 1980 y 2009.

de la década de 1680, surgió en él la idea, impulsada por Edmund Halley, de escribir un tratado con sus ideas físicas y matemáticas. De esta manera nació su obra maestra: los *Philosophiae naturalis principia mathematica (Principios matemáticos de filosofía natural)*. Terminando el siglo XVII, Newton sufrió graves crisis mentales que algunos atribuyeron al exceso de trabajo, y otros a la contaminación debido al mercurio que empleó en sus prácticas alquímicas. En 1696 abandonó Cambridge y se mudó a Londres, donde aceptó el cargo de director de la Casa de la Moneda. En los últimos treinta años de su vida pasó de ser un investigador recluido y solitario a una figura pública con un enorme poder. Newton resultó ser un gran administrador y una hábil figura para la política. Estas características lo llevaron en 1703, después de la muerte de Robert Hooke, su más grande rival, a convertirse en el presidente de la Real Sociedad de Londres, cargo que le fue útil para difundir su obra y consolidar su imagen. En 1704 publicó su *Óptica*, libro que se volvió muy popular en su época. Un año después, la reina Ana le otorgó el título de caballero. Newton murió en 1727 a los 85 años, cuando ya era una figura de gran reconocimiento. Fue enterrado en la abadía de Westminster, honor que no había recibido ningún científico hasta entonces. En su tumba se puede leer: "Que los mortales se regocijen de que haya existido tan grande ornamento para la raza humana".

En Newton coincidieron dos tradiciones claves para configurar la idea de ciencia moderna. Por un lado, la expresión matemática del orden del universo es obra de un teórico genial que se reconoce en sus *Philosophiae naturalis principia mathematica*; y por otro, un meticuloso y talentoso experimentalista, más visible en su *Óptica*. Newton se convirtió no solo en el símbolo intelectual de un poderoso imperio; su obra, para algunos, cerró un capítulo de prolongados debates en filosofía natural. Durante casi tres siglos después de su muerte, el modelo de ciencia occidental fue o proclamó ser fiel a la ciencia newtoniana. Experimentos diseñados con rigor fueron la base de leyes matemáticas universales. La filosofía natural hasta entonces no había tenido el estatus universal y duradero que adquirió con la ciencia newtoniana.

Newton no pareció compartir estas ideas sobre su papel en la historia de la verdad, y su concepción de la historia fue muy distinta a la del siglo XVIII que lo consagró como el padre de una nueva ciencia. Por el contrario, se vio a sí mismo como un elegido para reinterpretar una sabiduría muy antigua. Para él, los antiguos ya conocían la verdad, que había sido deformada y malinterpretada; ya tenían claridad sobre el heliocentrismo y sobre la unidad matemática del universo, como fue el caso de los pitagóricos. Por medio de

sabios antiguos como Orfeo y Pitágoras, los griegos habían tenido acceso a un conocimiento aún más antiguo, proveniente de Etiopía y de Egipto. El logro de Newton parecía entonces más la recuperación de una sabiduría sagrada, de una filosofía pura que había quedado opacada. Así como su trabajo en teología tuvo la misión de restaurar la verdadera religión, su trabajo en filosofía natural fue visto como la recuperación de una filosofía natural pura, que podría encontrarse en textos sagrados y antiguos y, por supuesto, en la naturaleza misma[2]. Si pensamos en los gigantes sobre los cuales Newton pudo ver más lejos, vienen a nuestra mente, de manera inmediata, Descartes, Galileo o Kepler; pero muy posiblemente se refirió también a figuras como Hermes, Orfeo o Pitágoras.

La imagen de Newton se ha asociado con el gran logro de haber descrito la totalidad del universo como un sistema autónomo, que responde a las leyes físicas del movimiento. Como veremos, el pensamiento de Newton no es tan fácil de encasillar dentro de este ideal de ciencia moderna. Para empezar, Newton jamás aceptó un universo autorregulado y mecánico y, para el "padre" de la física clásica, el orden del cosmos no se podía mantener sin la permanente intervención del Creador.

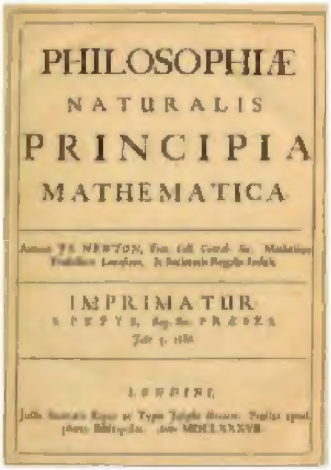
Los *Principia* de Newton

Durante el periodo en que dejó Cambridge, a causa de la plaga de 1665, Newton parece haber dado forma a sus más importantes trabajos sobre matemáticas y mecánica, y fue en estos años en los que definió las bases de lo que más tarde se convirtió en los *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Pero el impulso vital para escribir y publicar su obra vino de una visita que le hizo Edmund Halley en agosto de 1684. Robert Hooke, Christopher Wren y Edmund Halley habían discutido si era posible que la forma elíptica de las órbitas de los planetas pudiera ser deducida de una fuerza que actúa sobre ellos, y que, tal y como lo había propuesto Kepler, debía ser inversamente proporcional a su distancia al Sol. Si bien se tomó un tiempo en hacerlo público, Newton dijo tener la respuesta.

En noviembre de 1684, Newton hizo público su ensayo titulado "Sobre el movimiento de cuerpos en órbita". De inmediato se dio cuenta del alcance de sus ideas y esas nueve páginas serían el origen de su inmortal obra *Principios matemáticos de filosofía natural*, conocida como los *Principia*. Newton empleó dos años de igual intensidad a los de 1665-1666 en los cuales escribió los tres libros de su monumental obra. En 1686 envió la primera parte de su manuscrito en latín a la Real Sociedad de Londres. En 1687 Halley recibió el

[2] Piyo Rattansi, "Newton and the Wisdom of the Ancients", en Fauvel *et al.*, *Let Newton Be!*, 185-201.

IMAGEN XVIII.2. *Portada de* Principios matemáticos de filosofía natural, *Isaac Newton, 1686*


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
IMPRIMATUR
LONDINI

FUENTE: "Principia-title", *Wikimedia Commons*, última modificación 24 de abril del 2015, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/FAfynx.

trabajo completo y se hizo una primera edición de 512 páginas impresas. En 1713 Newton hizo una segunda edición revisada.

La obra consta de una introducción y tres libros. En la introducción se definen de manera cuidadosa los conceptos que utilizó a lo largo del libro, entre los cuales podemos destacar el concepto de *masa* (cantidad de materia), *momentum* (cantidad de movimiento) e *inercia* (fuerza pasiva), entre otros. Así mismo planteó la existencia de un espacio y un tiempo absolutos.

Pero el aspecto más importante de su introducción parece ser la exposición de sus tres famosas leyes. La primera dice que, un cuerpo se mantiene en movimiento uniforme y rectilíneo o en reposo a menos que actúe sobre él una fuerza exterior. La segunda ley dice que la fuerza aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración y a la masa del mismo ($F = m \times a$). La tercera ley expone el principio de acción y reacción, que dice que para toda acción hay una reacción igual. Estas ideas no eran del todo nuevas, pues ya habían aparecido en la obra de pensadores como Descartes, Galileo y Gassendi. La contribución de Newton fue presentarlas de manera articulada y sentar con ellas las bases de la teoría mecánica.

En el primer libro, Newton parte de la segunda ley de Kepler (la línea que une el Sol con los planetas barre áreas iguales en tiempos iguales) y

supone que la fuerza que mueve los planetas debe estar fija al Sol. Aunque Kepler propone la forma elíptica de las órbitas a partir de supuestos de tipo geométrico, Newton la deduce mediante el análisis matemático de las leyes del movimiento y concluye que tiene que ser una ley que corresponda al inverso del cuadrado de la distancia. Nos enseña que la fuerza de los movimientos de la Luna operan según el mismo principio que mueve los cuerpos en caída libre en la Tierra.

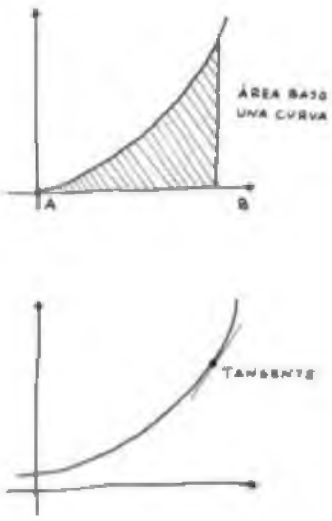
En el segundo libro, Newton hace un extenso análisis sobre el movimiento de cuerpos en medios que ofrecen resistencia y hace una crítica a la teoría cartesiana de los vórtices. Por último, en el libro III, Newton expone la teoría de la gravitación aplicándola al estudio de diferentes planetas. Una de las conclusiones más significativas de Newton es su predicción de la forma achatada de la Tierra. Su más reputado hallazgo, y el emblema del poder de la nueva ciencia, es la ley de la gravitación universal. En pocas palabras, sostiene que los cuerpos se atraen entre sí respetando una constante (G), multiplicada por el producto de sus masas (m^1 y m^2) y dividida por el cuadrado de la distancia (d^2) que los separa. Tan simple y potente como pocos hallazgos en la historia de la ciencia:

$$F = G \times (m^1 \times m^2 / d^2)$$

El gran mérito de los *Philosophiae naturalis principia mathematica* fue mostrar que las mismas leyes del movimiento que siguen los planetas en órbita definen el comportamiento de los cuerpos terrestres. Júpiter, la Luna, una bala de cañón o una manzana obedecen los mismos principios físicos y matemáticos. Se trata de una conclusión bella, simple y espectacular: todo el universo, los cuerpos celestes y terrestres obedecen una única ley matemática. Sin embargo, la pregunta sobre la naturaleza de la gravedad siguió siendo un misterio sin resolver. Los *Philosophiae naturalis principia mathematica* ofrecen grandes respuestas, pero son también el inicio de grandes retos y dilemas, tanto para Newton como para sus contemporáneos. Según Newton, en la naturaleza operan "principios activos" que forman parte de una concepción del universo que toma distancia con la visión mecánica de los cartesianos y, para sorpresa de muchos, se acerca más a saberes antiguos de la tradición hermética y la teología.

Otro de los aportes cruciales de los *Philosophiae naturalis principia mathematica* es el desarrollo de nuevas herramientas matemáticas para tratar problemas físicos, característica fundamental del pensamiento científico moderno. El fructífero matrimonio entre el álgebra, la geometría y la posibilidad de trabajar con series infinitas permitió estudiar problemas del mundo real por medio de herramientas nuevas como el cálculo, que conduciría, entre otras, a determinar la tangente de una curva en un punto dado y hallar el área bajo una curva.

IMAGEN XVIII.3. *Área bajo una curva y tangente*



Con el cálculo infinitesimal es posible determinar el área bajo una curva dada entre dos puntos A y B en el eje horizontal. Una tangente es una línea que toca una curva solo en un punto.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

Esto nos ayuda a entender, en parte, el enfoque metodológico que usó Newton en su trabajo, quien impuso límites a sus propias investigaciones de filosofía natural y planteó que todo lo que no sea observable o deducible no es más que una hipótesis. Al respecto, y hablando de la gravedad, diría: "Hasta ahora no he sido capaz de descubrir la causa física de la gravedad y me abstengo de emitir hipótesis". Aquí aparece una de las afirmaciones más citadas de su obra: "Hypotheses non fingo" (Yo no formulo hipótesis)[3], con lo cual quiso dejar en claro que no estaba interesado en especulaciones sobre la causa de la gravedad y que se limitaba a buscar conclusiones lógicas a partir

[3] "But hitherto I have not been able to discover the cause of those properties of gravity from phenomena, and I frame no hypotheses; for whatever is not deduced from the phenomena is to be called hypothesis; and hypotheses whether metaphysical or physical, whether of occult qualities or mechanical, have no place in experimental philosophy". Isaac Newton, *Principia* II: *The System of the World*, traducido por Andrew Motte (Berkeley, Los Ángeles y Londres: University of California Press, 1962), 547. Traducción propia.

de fenómenos concretos. Los *Philosophiae naturalis principia mathematica*, para resumir, enuncian una ley universal, y una forma universal de hacer ciencia.

Óptica

Si los *Philosophiae naturalis principia mathematica* es la obra de un virtuoso matemático, la *Óptica*, ha sido presentada como el trabajo de un genial experimentalista, como sin duda lo fue Newton. Es bien conocida su habilidad para manipular, reparar y construir artefactos desde la infancia y sabemos, por sus propias anotaciones sobre diversos temas —desde la alquimia hasta la pregunta por la naturaleza de la luz y la visión—, que Newton solía hacer experimentos de manera meticulosa. En algunos casos, incluso poniendo en riesgo su propia salud, explorando las consecuencias de observar el Sol de manera directa o introduciendo una punta metálica en su cavidad ocular

Más adelante, Newton llegó a conclusiones sobre la aberración cromática y las dificultades de corregir los defectos que producen los lentes de telescopios de refracción, que, de manera genial, resolvió introduciendo espejos y, así, llegó a fabricar telescopios con los que se podían hacer observaciones mucho más nítidas, sin aberración cromática y, por ende, mucho más poderosos. La manufactura exitosa de estos artefactos fue otra muestra del talento artesanal y mecánico desarrollado por Newton a lo largo de su vida. El nuevo telescopio despertó un enorme interés, en particular por la posibilidad de construir poderosos telescopios portátiles que permitieran observaciones en el mar; y facilitó la positiva recepción de sus trabajos en la Real Sociedad de Londres. El hecho de que la *Óptica* se publicara en inglés, más la aparente simplicidad de los experimentos en los que se sustentan las tesis centrales, hizo de esta una obra accesible a una audiencia amplia.

Antes de exponer los aportes de Newton en el campo de la óptica, es preciso dar una mirada a la historia de las teorías sobre la luz y el color. El problema de la luz y la visión interesó a autores medievales, en particular a escritores árabes como Ibn al-Haytam, que sin duda influyeron en los trabajos sobre óptica de Kepler y Descartes, entre otros. Como vimos, Descartes quiso dar una explicación mecánica del fenómeno de la luz, rechazando la diferenciación entre colores reales y aparentes, y ofreciendo un mismo tipo de explicación para los colores, tanto de los objetos como del arco iris. Sin embargo, su explicación seguiría asumiendo que los colores son modificaciones de la luz blanca en su encuentro con las distintas partículas que componen los cuerpos opacos.

Esta idea fue criticada por Newton y por medio de sus experimentos buscó una explicación distinta. La *Óptica* incluye comentarios sobre las teorías anteriores de Aristóteles, Descartes, Hooke, Boyle; pero su contribución

IMAGEN XVIII.4. *Telescopio de reflexión, Isaac Newton, 1672*

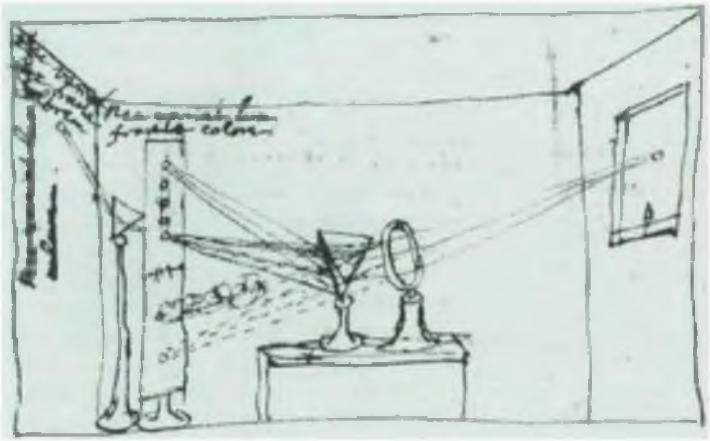
FUENTE: The Royal Society Publishing.

fundamental está en los cuidadosos experimentos con los cuales quiso mostrar los errores de sus antecesores. Una de sus conclusiones más importantes fue haber demostrado que la luz blanca es un agregado de diferentes colores. En un elegante experimento con prismas, mostró que la luz se compone de siete colores básicos.

En el clásico experimento de Newton, un haz de luz blanca se divide en un espectro de siete colores al pasar a través de un prisma. El experimento supone una segunda fase, en la cual uno solo de los colores pasa por segunda vez a través de un prisma y en esta oportunidad se hace evidente un ángulo de refracción específico; pero el haz de luz, por ejemplo el rojo, no se descompone. Con esto, Newton pudo concluir que el rojo o el azul no son modificaciones de la luz blanca, sino sus componentes discretos, proponiendo así una nueva teoría del color. Los experimentos de Newton parecen sencillos y desde entonces se repiten en salones de clase por el mundo entero, aunque no hay que perder de vista que estas observaciones y resultados solo fueron posibles gracias a un trabajo meticuloso y consagrado de perfeccionamiento de los artefactos y de los procedimientos en sus experimentos.

Gracias en gran parte al trabajo de Boyle en la Real Sociedad de Londres se definieron las reglas de lo que, oficialmente, fue la mejor manera de llevar a cabo un experimento y, sobre todo, la manera como los autores debían narrar sus experiencias: describiendo con el mayor detalle posible las experiencias

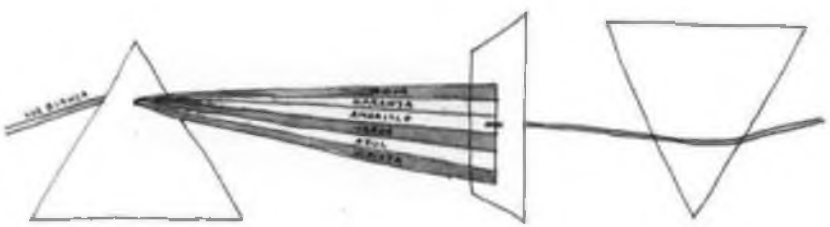
IMAGEN XVIII.5. *Experimento crucial, Isaac Newton, 1672*



Dibujo de Newton del llamado *experimento crucial*, en el cual la luz del sol es refractada a través de un prisma, y un color es refractado a su vez a través de un segundo prisma para mostrar que no sufre más cambios*.

FUENTE: The Royal Society Publishing.

IMAGEN XVIII.6. *Los siete colores básicos*



Experimento de Newton en el que un haz de luz se descompone en siete colores básicos.

FUENTE: elaboración de Nicolás Vizcaíno Sánchez.

* Casper Hakfoort, "Newton's Optics: The Changing Spectrum of Science", en Fauvel *et al.*, *Let Newton Be!*, 87.

particulares. Aquí vemos un exitoso esfuerzo por hacer de la ciencia una actividad más experimental, descriptiva y cuantificable, en vez de centrarse en ideas hipotéticas. No se trata de un simple supuesto, como lo es la teoría cartesiana, sino de una directa conclusión a partir de observaciones que no dependen de ninguna teoría sobre la naturaleza de la luz, y que no puede ser refutada sino con experimentos.

Newton, claro, también expuso sus ideas sobre la posible naturaleza de la luz, pero como una conjetura que no debería mezclarse con sus resultados experimentales. Al respecto diría: "La luz no es éter ni su movimiento es de vibración, sino algo diferente que arrojan los cuerpos luminosos [...] una multitud inimaginablemente pequeña de ligeras partículas que emanan de los cuerpos brillantes"[4]. A pesar de estas observaciones, Newton insistió en que sus investigaciones no se ocupaban de conjeturas o hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Lo que sí pudo corroborar fue que los distintos colores tienen índices de refracción distintos y específicos, lo cual ningún observador antes de Newton había indicado. El interés por la naturaleza del color y de la luz, en últimas, el problema fundamental de la visión, como hemos señalado, interesó, por razones obvias, a la ciencia y al arte del Renacimiento, y si bien Newton no condujo al fin del debate, es innegable que sus experimentos fueron un hito sin precedentes en la historia de la óptica.

Armonía

En la obra de Newton, la idea de un universo ordenado y armónico, que se rige por principios universales, tomó una fuerza particular. Para Newton, la filosofía natural se debe ocupar de la armonía del cosmos, la cual forma parte de una teología verdadera revelada a los antiguos y que había sido deformada por la tradición escolástica. Los *Principios matemáticos de filosofía natural*, más que el origen de una nueva ciencia, se inscriben dentro de una tradición muy antigua en la cual los números y la geometría se consideran un lenguaje divino y natural.

Es así como la idea de armonía es una condición de posibilidad de la ciencia matemática experimental, que para Newton puede ser aplicable a fenómenos como la luz y la gravedad, entre otros. Así, la ley de la gravitación puede leerse como una muestra más del orden matemático de la naturaleza que proclamaron los pitagóricos, y es bien sabido que Newton quiso encontrar relaciones matemáticas entre fenómenos naturales como el color y las notas musicales. Aunque hoy en día nos parecen campos del conocimiento

[4] "I suppose light in neither aether, nor its vibrating motion, but something of a different kind propagated from lucid bodies [...]. Multitudes of unimaginable small and swift corpuscles of various sizes, springing from shining bodies [...]". Newton, *Principia II*, 91. Traducción propia.

IMAGEN XVIII.7. *Monocorde cósmico, Robert Fludd,*
Historia del macrocosmos y el microcosmos, *1617.*

Este monocorde cósmico muestra la región entre la Tierra y el cielo dividida en intervalos de dos octavos de una cuerda musical. La mano de Dios afina la cuerda que se extiende hacia abajo en la región de los ángeles, luego, por medio del sistema con el Sol en el centro, y finalmente por los cuatro elementos hasta la Tierra. La totalidad está unida por proporciones matemáticas e intervalos musicales*.

FUENTE: "R. Fludd, De metaphysico Wellcome L0013219", *Wikimedia Commons*, última modificación 26 de mayo del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/gfYaxd.

independientes y distantes, desde el siglo VI, en los currículos universitarios, el *cuadrivium* implicaba el estudio de la astronomía, la geometría, la aritmética y la música. Así pues, las relaciones entre música y matemáticas interesaron a personajes como Vincenzo Galilei (padre de Galileo), Kepler y Newton, entre otros.

La idea de un cosmos en armonía fue también uno de los elementos centrales de la tradición hermética, que tanto interés despertó en el mismo Newton. Más que una afición extraña, la magia es un tema de central importancia para entender la ciencia newtoniana.

* *Ibid.*, 100.

Magia: fuerzas ocultas y materia

La teoría sobre la materia, la pregunta sobre de qué está hecho el mundo, en el marco de una concepción mecánica del universo, es la gran pregunta de la filosofía natural del siglo XVII y podemos decir que hoy en día sigue siendo, para algunos, la última frontera del conocimiento. No muy distante de las hipótesis de Descartes, para Newton todos los fenómenos de la naturaleza pueden explicarse con base en dos supuestos. En primer lugar, los cuerpos se componen de partículas; en segundo lugar, existen fuerzas operando entre los cuerpos y las partículas. Pero es la pregunta por la naturaleza de las fuerzas lo que en verdad diferencia a Newton de sus antecesores.

El pensamiento aristotélico, en muchos aspectos, seguía dominando la visión de la naturaleza y era parte importante de la formación académica de las universidades. Aristóteles diferenciaba las cualidades manifiestas de las cualidades ocultas. Un ejemplo de una cualidad manifiesta sería el calor o el frío. Sin embargo, existían otro tipo de interacciones entre los cuerpos que no son explicables en términos de cualidades tangibles. Tal es por ejemplo el caso del magnetismo, el efecto de ciertos venenos o la electricidad. Estas serían las llamadas cualidades ocultas, de las cuales emanan poderes, virtudes y fuerzas reales, pero de las que solo apreciamos sus efectos. La filosofía mecánica tendría por principio buscar deshacerse de dichas fuerzas ocultas y rechazarlas como irreales, reduciéndolas a principios mecánicos de forma, tamaño y velocidad de las partículas que componen la materia.

En la época de Newton, la filosofía natural tiende a aceptar la teoría atómica o corpuscular de la materia, desarrollada por Descartes. Esta decía que toda la materia se compone de minúsculas partículas, y toda interacción entre ellas debía ser entendida en términos físicos o mecánicos de contacto y por lo mismo no habría necesidad de fuerzas ocultas. Para sorpresa de algunos, Newton no compartió este punto de vista y por el contrario encontró necesaria la existencia de estas fuerzas intangibles como lo es la gravedad misma.

Para Descartes, Dios había dado al universo un impulso inicial y desde entonces la cantidad de movimiento se mantendría constante, siendo la materia algo inerte y pasivo. Entonces, el movimiento de cualquier objeto no requeriría nunca de una fuerza extraña. Así, el movimiento se entiende como una reacción en cadena desde la creación. Newton se convirtió en uno de los más interesantes opositores de esta idea, entre otras razones, por no ser demostrable experimentalmente. Newton insistió en que la inercia sola no puede explicar toda la actividad del cosmos, y recurre al polémico concepto de *principios activos*, traicionando los fundamentos de la filosofía mecánica. Para muchos, esto sería visto como un retroceso a las cualidades ocultas de Aristóteles. Leibniz, por ejemplo, diría que "la gravedad, o cualquier otro

de los principios ocultos de Newton, son conceptos escolásticos, cualidades ocultas o el efecto de un milagro"[5]. Newton, por su lado, prefirió pensar que, aunque fueran principios intangibles, eran reales.

Durante el Renacimiento la magia natural desempeñó un importante papel e interesó a un buen número de influyentes pensadores. Personajes como Hermes Trismegisto, Zoroastro, Orfeo y otros magos, se suponía, habían recibido un saber muy antiguo revelado por los dioses. La magia natural, que implicaba la existencia de fuerzas ocultas pero reales, estaba muy presente, y la alquimia se consideraba la ciencia hermética por excelencia. Frente a la alquimia, en tiempos de Newton, existieron posiciones opuestas, pero no hay duda de que para no pocos, entre ellos Isaac Newton, los métodos y conocimientos de los alquimistas formaban parte de una legítima, antigua y venerable tradición.

Si bien para la mayoría la magia y la alquimia eran artes que suponían una profunda dimensión religiosa y espiritual, los magos fueron investigadores de la naturaleza; no creían en milagros ni en causas divinas sino en causas naturales ocultas. Como lo dijo Giambattista della Porta, "La magia no es más que el conocimiento de la naturaleza en su totalidad. Si entendemos los cielos, las estrellas, los elementos y cómo se comportan y cómo cambian, podemos encontrar los secretos ocultos de los seres vivos, de las plantas y de los minerales, de su generación y corrupción"[6]. Para el mago, el objetivo es aprender a manipular la naturaleza, más como el conocimiento de las técnicas o prácticas para producir o predecir efectos específicos, que como una ciencia que busca el conocimiento de las causas. Al igual que Newton y su declaración de "hipotesis non fingo", el mago no necesita hipótesis para explicar cómo operan las fuerzas ocultas, solo tiene las experiencias de su existencia y aprende a controlarlas.

Sabemos que entre los libros de la biblioteca de Newton, 170 eran sobre magia y alquimia[7]. En el Trinity College, Newton tenía un laboratorio completo de alquimia donde pasaba días enteros entre libros y experimentos. Keynes, quien vio a Newton como el último de los magos, consideró que la magia era una extraña faceta del genio, claramente distinta a su trabajo en filosofía natural. Pero el papel de la tradición hermética a lo largo del Renacimiento, lejos de ser un conjunto de prácticas irracionales o el interés de pensadores marginales, fue definitivo en nuestra actual idea de ciencia moderna. La magia matemática, la magia natural o la magia religiosa, a las que nos referimos antes (véase el capítulo IX), no fueron extrañas para Isaac Newton.

[5] "Gravity [and by implication, any of his active principles] must be a scholastic occult quality or the effect of a miracle". John Henry, "Newton, Matter, and Magic", en Fauvel *et al.*, *Let Newton Be!*, 135. Traducción propia.

[6] *Ibid.*, 140.

[7] *Ibid.*, 140.

También es cierto que Newton no parecía estar muy interesado en hacer público su trabajo en estos frentes. Quizá no haya encontrado receptividad en los ámbitos académicos más poderosos o tal vez la consideraba una actividad privada, secreta, fiel a los principios de la tradición hermética y a la idea de un conocimiento para elegidos. Los manuscritos de alquimia de Newton y sus trabajos en su laboratorio del Trinity College parecen coincidir con la elaboración de algunos de sus trabajos más conocidos y algunos pasajes insinúan que este tipo de conocimiento era más elevado y posiblemente incomunicable.

Existe otro aspecto de Newton, vinculado con la magia y la alquimia que es indispensable para entender mejor la naturaleza de sus investigaciones privadas: la teología. La pregunta sobre cuándo comenzó la era moderna, que tanto ha preocupado a Occidente, conduce, según los filósofos de la Ilustración francesa, a la idea de que Newton fue su más notable fundador. Para Voltaire, los estudios bíblicos que hizo Newton y sus investigaciones teológicas fueron "[...] para distraerse de la fatiga de sus más exigentes y rigurosas investigaciones"[8]. Así mismo afirmaba: "Antes de Kepler los hombres eran ciegos, Kepler tenía un ojo, Newton tenía dos"[9]. Para los filósofos ilustrados, los griegos habían iniciado ese proceso hacia la Ilustración, pero fue un esfuerzo que se vio opacado por la tradición escolástica. En el Renacimiento se revivió y se pensó en Florencia como la nueva Atenas; pero la humanidad no despertaría hasta la llegada de figuras como Galileo, Descartes, Kepler, entre otros, y, definitivamente, encontraría la luz con Newton.

Para sorpresa de los filósofos ilustrados, si lo hubieran sabido, Newton tuvo una visión propia de la historia de la ciencia, según la cual todos sus descubrimientos no eran más que el redescubrimiento de verdades que grandes pensadores de la Antigüedad ya conocían bien. Newton parece creer que Hermes conocía la verdadera estructura del cosmos, que los pitagóricos sabían sobre las leyes de la física y, más interesante aún, que todos los textos sagrados son la fuente de una verdad que requiere ser interpretada. De esta manera, dedica parte de sus investigaciones a encontrar similitudes entre las teorías de los antiguos y sus propios hallazgos.

Su interés por la alquimia no se limitó a prácticas experimentales con diversos metales y sustancias, supuso también una compleja cosmología, que nos recuerda el cosmos de Epicuro, en la cual la Tierra es un gran organismo, un "vegetal inanimado" que respira y vive del éter. En los elementos terrestres se combinan el éter y un principio activo que para él es "agente universal de la naturaleza, su fuego secreto, su fermento y principio de toda

[8] "To amuse himself after the fatigue of severer studies". Citado en Pyo Rattansi, "Newton and the Wisdom", en Fauvel *et al.*, *Let Newton Be!*, 192. Traducción propia.

[9] "Before Kepler, all men were blind, Kepler had one eye, Newton had two". Rattansi, "Newton and the Wisdom", 185. Traducción propia.

vegetación". Esos prodigiosos principios activos de la vida y del universo en su totalidad tienen una cercanía con el calor y con la luz[10]. Como hemos visto, esta idea fundamental de la cosmología hermética de *principios activos intangibles* no se limita a sus escritos sobre alquimia, pues está presente en la obra más conocida de Newton.

Dios

Recientes publicaciones sobre el surgimiento de la ciencia moderna han replanteado la visión tradicional entre ciencia y religión. En lugar de insistir en el antagonismo entre las dos, señalan una entrañable fusión. Newton, la más depurada forma de ciencia moderna, es una muestra más de la imposibilidad de separar esta de la religión. Newton creía que Dios se revela en dos "libros": su palabra y su obra; de tal manera que la correcta interpretación de los dos demostraría que ambos son obra del mismo autor. En su particular visión de la historia, Newton estaba convencido de que a lo largo de los años se había deformado la religión. Consideraba que la más antigua de las religiones sería la más pura, lo cual lo llevó a desarrollar su particular forma de anticatolicismo.

No hay duda de que en el Trinity College Newton tuvo conocimiento de la obra de los padres de la Iglesia y, por supuesto, de la Biblia. En términos teológicos, Newton tuvo convicciones peligrosas para su tiempo; en particular, su radical posición antitrinitaria. Para él, la doctrina de la Santísima Trinidad no solo era incomprensible sino una perversión diabólica de las Escrituras. Newton llegó a creer que la idea de que Cristo era idéntico a Dios era un error y una conspiración contra la verdadera religión, siendo su misión, como elegido de Dios, reparar estos errores. Para Newton, Cristo tiene poderes divinos, pero porque así lo ha permitido Dios. Cristo se hace hijo de Dios cuando la Palabra se hace carne en el vientre de María, pero su naturaleza es humana y su resurrección solo es posible por la voluntad del Padre.

Este, por supuesto, no era un debate nuevo. Fue, de hecho, objeto de profundas disputas teológicas en la Iglesia bizantina del siglo IV, cuando los nestorianos defendieron la humanidad de Cristo por encima de su divinidad. Como es evidente, Newton mantuvo una posición anticatólica radical; incluso vio en el catolicismo la mayor causa de corrupción de la religión. Pero estas ideas no son las de un anticatólico cualquiera, son contrarias a la ortodoxia cristiana y quienes cuestionaran la naturaleza divina de Cristo eran severamente castigados. De manera que estos puntos de vista de Newton nunca se hicieron públicos, excepto con algunos pocos que podrían simpatizar con sus ideas. La hostilidad contra el catolicismo es parte de la vida

[10] Véase Iliffe, *Newton*, 54-71.

de Cambridge en tiempos de Newton, pero sus ideas sobre la naturaleza de Cristo resultan contrarias a la esencia misma del cristianismo y su defensa pública pudo haber terminado con la carrera de Newton.

En todo caso, Newton creía que un correcto conocimiento de la naturaleza podría ayudarnos a una adecuada interpretación de la Biblia y viceversa. Recordemos que en la filosofía natural es común que se crea que el estudio de la naturaleza nos conduce al conocimiento de Dios. Newton no sería la excepción y no vería en la naturaleza ni accidentes ni azar, sino solo propósitos y voluntad, de manera que la filosofía experimental no puede ignorar la agencia divina en la naturaleza. Al respecto diría, "Este hermosísimo sistema de planetas y cometas no puede derivar de causas meramente mecánicas"[11]. Sobre las idea de espacio y tiempo explica: "Aquellos antiguos que entendieron la filosofía mística de manera correcta enseñaron que un espíritu infinito prevalece en todo el espacio, contiene y le da vida al universo; y dicho espíritu era su *numen*, de acuerdo con el poeta que cita el apóstol, en él vivimos, nos movemos y existimos"[12].

Para Newton, entonces, existe un espíritu infinito y omnipresente que le da vida al universo, en el cual la materia se mueve siguiendo leyes matemáticas.

En el "general Scholium" de los *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Newton escribe:

> Él siempre permanece y está presente en todas partes, y existiendo siempre y en todas partes constituye el espacio temporal [...] Dios existe necesariamente y por la misma necesidad él está siempre en todas partes. De manera que todo él es como el mismo: él es todo ojos, todo oídos, todo mente, todo miembros, todo poder de ver, de entender, de actuar, pero no de una forma humana, ni de forma corporal[13].

Una vez más, aquí se hace evidente su inconformidad con la divinidad de Cristo y esta idea de omnipresencia divina estaría relacionada directamente con su percepción del espacio absoluto esencial en su filosofía. Para la física clásica tenía que haber un único punto de referencia temporal y espacial,

[11] Citado en Dorinda Outram, *Panorama de la Ilustración* (Barcelona: Blume, 2008), 256.

[12] "[...] those ancients who rightly understood the mystical philosophy taught that a certain infinite spirit pervades all space & contains & vivifies the universal world; and this spirit was their numen, according to the Poet cited by the Apostle: in him we live and move and have our being". Citado en Iliffe, *Newton*, 106. Traducción propia.

[13] "He endures always and is present everywhere, and by existing always and everywhere he constitutes duration and space [...] God necessarily exists, and by the same necessity he is always and everywhere. It follows that all of him is like himself: he is all eye, all ear, all brain, all arm, all force of sensing, of understanding, and of acting, but in a way not at all human, in a way not at all corporeal". Citado en Dear, *Revolutionizing the Sciences*, 159. Traducción propia.

una especie de habitación cósmica donde ocurría todo, que no se mueve y con un único tiempo universal. La respuesta parecía estar en la teología y Dios era el punto de referencia absoluto que Newton necesitaba. Además, a diferencia de Descartes y su filosofía mecánica, en la cual el universo funciona como un reloj sin lugar para intervención divina, para Newton la presencia e intervención permanente de Dios en el universo es una condición necesaria del orden. Según Newton, ni los hombres ni las bestias podrían ser el resultado de "la mezcla fortuita de átomos"[14].

La reputación de Newton cuando murió en 1727 llegó a niveles que ningún otro filósofo u hombre de ciencia había alcanzado antes. Casi tres siglos después, su vida y su obra siguen siendo el objeto de fascinación y el padre de la ciencia moderna es hoy un personaje mucho más complejo y misterioso de lo que lo fue para el siglo XVIII. Hay notables diferencias en la forma como abordó los grandes desafíos de la física y la cosmología, la óptica, la teología o la alquimia, pero no hay duda de que son las preocupaciones de un mismo hombre, que se conectan y que guardan coherencia en aspectos fundamentales. Si bien en un espacio más privado, es evidente que la teología desempeñó un papel definitivo para él, fue su más importante reto y su misión en la vida: devolver la religión a su verdadero camino[15]. Extraordinario y obsesivo, llegando a los límites de la cordura, no dejó de ser un hombre de su tiempo. No podemos olvidar que Newton fue mucho más que un pensador recluido y solitario, y en las últimas décadas de su vida fue una figura pública notable que recibió el título de caballero y llegó a ocupar el cargo de mayor influencia en la ciencia de la Inglaterra de siglo XVIII: presidente de la Real Sociedad de Londres.

Hoy es posible hablar de ciencia newtoniana; en particular, desde que Newton asumió la presidencia de la Real Sociedad de Londres, desde donde él y sus seguidores se defendieron de sus adversarios ingleses y continentales, y donde se hizo cada vez más claro el triunfo de un estilo filosófico particular de innegable éxito dentro y fuera de Inglaterra. La versión más célebre de newtonismo tomaría distancia de los supuestos teológicos y de sus trabajos en alquimia, dos campos de especial importancia para el mismo Newton, quien no se reconocería en muchos de sus más vehementes seguidores.

[14] "Fortuitous jumblins of attomes". Citado en Iliffe, *Newton*, 33. Traducción propia

[15] Véanse Iliffe, *Newton*; John Brooke, "The God of Isaac Newton", en John Fauvel *et al.*, *Let Newton Be!*

Cuarta Parte

LA ILUSTRACIÓN Y EL SUEÑO EUROPEO DE UNA HEGEMONÍA GLOBAL

Capítulo XIX

LA ILUSTRACIÓN Y EL PROBLEMA DEL CONOCIMIENTO

La edad de la razón

El término *Ilustración* y sus equivalentes en otras lenguas, *Enlightenment, Aufklärung, Lumières, Oplysning o Iluminismo*, denominan un periodo histórico y un movimiento filosófico que se identifica con la idea de la luz, de iluminar, de conocer, que se opone a la oscuridad y a la ignorancia. Es común referirse al siglo XVIII como el Siglo de las Luces en oposición al oscurantismo de la autoridad y el dogma de épocas anteriores. Aunque la búsqueda de un conocimiento fundado en la razón, ha quedado claro en este libro, no es un cometido exclusivo del siglo XVIII, se trató de un periodo en el cual encontramos un conjunto de manifestaciones que, de manera vehemente, celebraron el triunfo de la razón sobre la autoridad y de la cultura europea sobre el resto del mundo.

No son pocas las lecturas que se han hecho sobre la Ilustración y no pretendemos aquí brindar una interpretación única y definitiva, como tampoco una imagen completa de un periodo histórico tan complejo. El significado de la Ilustración ha sido objeto de un prolongado debate con puntos de vista antagónicos. Para algunos, fue la cuna de lo más preciados valores modernos, como la razón, la igualdad y la libertad; otros la condenan por ser la fuente de autoritarismo, dominio y alienación. Una vez más, los "rótulos" que designan grandes periodos de la historia resultan problemáticos, aún más cuando pretenden dar cuenta de fenómenos globales. Incluso en los confines de Europa occidental, no es posible encontrar una única y homogénea Ilustración.

El siglo XVIII fue escenario de cambios notables con manifestaciones culturales, políticas, estéticas y filosóficas diversas y muchas veces contrarias. De manera que cualquier intento por pensar la Ilustración como un movimiento filosófico único y coherente está destinado al fracaso. No obstante, intentaremos reconocer y reflexionar sobre algunos ideales de amplia aceptación entre los europeos del siglo XVIII con un notable impacto sobre la idea de verdad en Occidente.

Por un lado, se hizo evidente la desconfianza y hostilidad frente a la autoridad religiosa, por lo cual se requería de una nueva autoridad, la de una ciencia secular y universal. Este ideal de una única razón, a su vez, alimentó el sueño de una cultura cosmopolita y de una civilización universal compuesta de individuos libres. Estas fueron expresiones de emancipación humana, que tuvieron lugar en un contexto particular en el que las más poderosas naciones de Europa occidental proclamaron su dominio sobre buena parte del planeta. Así, la Ilustración expresó la pretensión europea de hegemonía cultural: la ciencia, los valores y las creencias de Occidente debían ser los de todos.

"Es un hecho más que obvio —escribe Dorinda Outram—, que interpretamos el pasado para encontrar en él pistas para comprender el presente [...]"[1]. En este sentido, nuestro propio tiempo ha construido una relación única con la Ilustración. A pesar de la fuerte tradición crítica, que se remonta al mismo siglo XVIII, hasta los más radicales pensadores de la posmodernidad, la cultura occidental es "ilustrada". La Ilustración nos importa, porque la cultura occidental es su directa heredera.

Hoy en día, la mayoría de la población educada en Occidente cree en la posibilidad de mejorar el mundo en el que vivimos mediante la ciencia; como lo afirma Anthony Pagden, "[...] somos irremediablemente herederos de los constructores de la ciencia del hombre ilustrado. Aunque solo fuera por eso, la Ilustración sigue siendo importante para nosotros"[2]. En un tono optimista, nos dice que gracias a la Ilustración somos capaces de pensar de manera global y reconocer que toda nación tiene cierta responsabilidad en el bienestar de las demás. "La Ilustración creó ni más ni menos que el mundo moderno. En efecto, sin ella resultaría imposible imaginar un solo aspecto de la vida contemporánea en Occidente"[3]. En últimas, nos guste o no, somos ilustrados.

Si bien hubo diferencias notables entre las distintas naciones europeas, y muy diferente fue la Ilustración en Francia, Inglaterra, Alemania, España o en América, lo interesante y particular de la Ilustración es su pretensión de universalidad y el hecho de que un conjunto tan heterogéneo de naciones se haya hecho preguntas y buscara respuestas de manera tan familiar y muchas veces homogénea[4].

La idea de una única razón universal no es nueva en la historia de la filosofía de Occidente, es más bien su común denominador. Como hemos visto, las grandes tradiciones filosóficas griegas, Platón y Aristóteles, la teología medieval, los cristianos y musulmanes y la nueva ciencia del Renacimiento defendieron la idea de una verdad universal. En el siglo XVIII este mismo

[1] Outram, *Panorama de la Ilustración*, 281.

[2] Anthony Pagden, *La Ilustración*, traducido por Pepa Linares (Madrid: Alianza Editorial, 2015), 447.

[3] *Ibid.*, 440.

[4] *Ibid.*, 12-13.

anhelo se expresó en un contexto político particular. Coincide con la expresión más contundente de Europa como marco de referencia para ordenar el mundo entero. La Ilustración no se puede reducir a un conjunto de ideas o a un movimiento filosófico, es también un momento histórico definido por pretensiones políticas de control global.

En este intento por entender la historia de la verdad, proponemos abordar la Ilustración como un gran proyecto político que soñó con transformar el mundo con un trasfondo filosófico complejo, en el cual lo que se disputa es quién tiene la autoridad para definir el rumbo de la humanidad, o en otras palabras, quién o quiénes son legítimos voceros de la verdad. En esta cuarta parte del libro trataremos de entender de qué manera Europa occidental manifestó su confianza y se pensó como el centro de un proyecto global, fundado en formas de conocimiento y valores universales. Algunas de las respuestas se han señalado en los capítulos anteriores, ya que los ilustrados se vieron a sí mismos como herederos del Renacimiento europeo. Si el Renacimiento y la Reforma fueron para Occidente dos momentos claros y claves de su pasado, momentos de grandes cambios culturales, se debe en gran parte a la Ilustración, que en la búsqueda de su propia identidad histórica los convirtió en sus precedentes[5].

Por un lado, parecen llevar a su fin un gran proyecto de expansión y conquista; y por otro, consolidar el proyecto de una nueva racionalidad, una nueva autoridad y una nueva ciencia. Los grandes pilares de la Ilustración se fundan en la idea de una civilización cuya ciencia es superior a la de las demás, una ciencia que es el resultado de una larga tradición que llega a su madurez y que, en la opinión de los ilustrados, tenía un fundamento filosófico en la obra de Francis Bacon, René Descartes, Galileo Galilei e Isaac Newton, para mencionar solo algunos de los nombres vinculados con la idea tradicional de ciencia moderna.

La ciencia del siglo XVIII fue, en opinión de muchos, la apropiación y la continuidad de los logros de la revolución científica y de un modo de entender el conocimiento, cuya expresión más refinada ya había tomado forma en la obra de Newton. La ciencia de la Ilustración se ha visto como un siglo de culminación y continuación de los grandes cambios de la filosofía natural del siglo anterior. Sin duda, Newton ejerció una influencia notable, y buena parte de los desarrollos científicos del siglo XVIII proclamaron fidelidad al proyecto newtoniano; no obstante, fue también un siglo de agitadas polémicas, incluso frente a la ciencia newtoniana. Como hemos insistido, cualquier intento por definir una esencia, un único rostro de la Ilustración, por encontrar una única forma de entender la ciencia, la política o la religión del siglo XVIII, sería un cometido problemático.

[5] *Ibid.*, 42.

Ciencia newtoniana

La obra de Isaac Newton —o mejor, la idea de ciencia newtoniana del siglo XVIII— es una referencia obligada para pensar el problema de la verdad en el periodo de la Ilustración. Como vimos en el capítulo anterior, Newton llegó a ser una figura prominente y, como pocos hombres de ciencia, logró una clara influencia en su propio tiempo. En la última etapa de su vida en Londres, como presidente de la Real Sociedad, Newton se convirtió en el hombres de ciencia más notable de su tiempo, dentro y fuera de Inglaterra. Su obra, aunque en más de un aspecto es compleja y difícil de entender para la mayoría de sus contemporáneos, tuvo una amplia difusión. Más que los detalles técnicos, matemáticos, conceptuales o teológicos que esta supone, Newton se convirtió en la prueba fehaciente, en el ejemplo de los alcances de la razón humana, de una ciencia de valor universal basada en la razón y en la experiencia. Aunque no siempre fiel al mismo Newton, su legado se ha identificado con el triunfo de la razón sobre la naturaleza. Los *Philosophiae naturalis principia mathematica* encarnan la verdadera posibilidad de un conocimiento humano de las leyes naturales (matemáticas) que rigen el comportamiento de la naturaleza en el universo entero. La *Óptica*, por su parte, fue un modelo de ciencia experimental, la muestra de que los ideales de Bacon eran posibles. Esta es la imagen que encontramos de Newton en la Ilustración francesa. D'Alambert, en la introducción de la *Encyclopédie*, se refiere a Newton como el gran ejemplo del poder del análisis matemático en la filosofía natural; pero también es un ejemplo del poder de los experimentos y la observación directa de la naturaleza.

Esta visión de Newton como el racionalista supremo, celebrada con pasión por Voltaire y buena parte de los hombres de letras de la Europa del siglo XVIII, es más fiel a los ideales de la Ilustración que al mismo Newton. Como hemos argumentado, Newton mismo no se pensó como el fundador de una nueva ciencia sino más bien como el intérprete de saberes muy antiguos relacionados con la religión. Resulta significativo que Voltaire creyera que los intereses de Newton por la teología o la alquimia eran más una especie de distracción de sus más serios estudios[6].

Una de las ideas de mayor arraigo en la historiografía de la ciencia moderna es que su esencia, el gran legado de la revolución científica, es la aparición no solo de nuevos conocimientos o de una nueva cosmología, sino, más relevante, de un nuevo e infalible método para las ciencias. Esta idea de un único método científico, en el cual parecen combinarse elementos del empirismo baconiano con el racionalismo matemático cartesiano, muestra esas

[6] Véase la nota 9 del capítulo XVIII.

dos facetas que se reconocen en la *Óptica* y en los *Philosophiae naturalis principia mathematica* respectivamente.

La idealización de un "método newtoniano", como vimos, fue para muchos un modelo que se quiso imitar. No solo la física y la cosmología, sino muchos otros campos siguieron estos mismos ideales de una ciencia newtoniana. Un campo de desarrollo particular de la ciencia del siglo XVIII fue la química, con los trabajos de Lavoisier y Priestley, quienes crearon los cimientos de lo que se ha llamado la química moderna, que al igual que otros campos del conocimiento se identificó con los ideales de una ciencia newtoniana. Newton mismo, en su *Óptica*, se atrevió a sugerir que el perfeccionamiento de la filosofía natural le sería de utilidad a la filosofía moral. Algunos quisieron convertirse, como es el caso de Hume, en el Newton de las ciencias morales[7].

El obvio éxito de Newton es único en la historia de la ciencia occidental; sin embargo, es necesario aclarar que parte de su fama tiene que ver con el carácter polémico de su obra, y que desde muy temprano, y a lo largo del siglo XVIII, esta fue el objeto de fuertes debates. Por otro lado, pensadores tan importantes como Leibniz, Goethe, Kant y Laplace encontraron insatisfactorios muchos aspectos de la ciencia newtoniana.

Verdad sin Dios

El gran desafío de la Ilustración de sustituir la autoridad eclesiástica y teológica por una ciencia del hombre implicó retos nada triviales. Empecemos por recordar que la autoridad real del mundo cristiano se basaba en un orden religioso, según el cual los reyes, a pesar de su naturaleza mortal, gobernaban en nombre de Dios. Las monarquías cristianas operaron desde el supuesto de que su autoridad provenía del cielo. Salvo la del papa, los monarcas no aceptaron ninguna autoridad terrenal por encima de ellos, pero se presentaron como defensores de una autoridad religiosa superior. Decapitar y destronar, o simplemente desconocer la autoridad del rey, era también una afrenta contra la jerarquía religiosa en la cual los reyes eran emisarios de Dios.

El derecho a gobernar proveniente del cielo, y en particular en las tradiciones monoteístas, acabó para Diderot en el "despotismo sacrosanto, el más cruel e inmoral de los gobiernos"[8]. La posibilidad de una moral sin Dios, una ley de humanos para humanos, conllevó un reto mayor a la filosofía y a la política: la construcción de una nueva autoridad. No fue una idea de aceptación

[7] Roy Porter, *The Cambridge History of Science* 4 (Cambridge: Cambridge University Press, 2003), 12.

[8] Citado en Pagden, *La Ilustración*, 150.

general, pero algunos autores como Pierre Bayle (1647-1706) defendieron la idea de una moral atea, en la cual una sociedad sin Dios podía ser virtuosa. La batalla contra la autoridad de la Iglesia debía cortar de raíz los fundamentos de la teología y mostrar la irracionalidad de la fe, mostrar que las creencias religiosas no eran posibles dentro de los límites de la razón, de manera que quien creía en los milagros debía suspender el uso de la razón, concluyendo que "la verdad de la religión cristiana [...] es contraria a las leyes del juicio recto"[9].

La primera tarea para que los hombres superen su "minoría de edad"[10], en apariencia simple, era destruir la autoridad de los libros sagrados, mostrar la falsedad de los Evangelios. Uno de los más radicales pensadores en contra del dogma cristiano, Paul-Henri Thiry, barón de Holbach (1723-1789), quien quiso someter los Evangelios a un análisis histórico en *Una historia crítica de Jesucristo*, nos dice: "La autoridad de estos libros que forman la base de la religión cristiana no se fundamenta en otra cosa que en un concilio, es decir una asamblea de curas y obispos [...]"[11], quienes por ser humanos con intereses particulares no tienen otra legitimidad que sus propias creencias. Para la Iglesia la autoridad del concilio radicaba, al igual que la de los Evangelios, en que estaban inspirados por el Espíritu Santo; y al igual que las Sagradas Escrituras, las decisiones del concilio debían tomarse como equivalentes a las del propio Dios. Lo anterior, para Holbach, es "evidentemente un círculo vicioso"[12].

Una de las manifestaciones más importantes de una ciencia secular será enunciada por Pierre-Simon Laplace a finales de siglo, cuando por primera vez podemos reconocer el propósito de una filosofía mecánica ajena a la teología. La física que propone Laplace, en la cual se reconocen elementos cartesianos y newtonianos, supone que la luz, la electricidad, el magnetismo o el calor son fluidos compuestos de partículas cuyas fuerzas de repulsión y atracción son todo lo que se requiere para explicar el funcionamiento de la naturaleza. Tal y como le explica Laplace a Napoleón, su sistema físico no tiene la necesidad de la "hipótesis de Dios"[13].

Empirismo inglés y las bases de una ciencia humana

Las críticas de Hume, Diderot, D'Alambert, Voltaire, Holbach o Condorcet, entre otros, fueron contundentes al desacreditar la idea de que las creencias

[9] *Ibid.*, 171.

[10] Immanuel Kant, *¿Qué es la Ilustración?*, editado por Roberto Aramayo (Madrid: Alianza Editorial, 2013), 87.

[11] *Ibid.*, 137.

[12] *Ibid.*, 137.

[13] Rob Iliffe, "Philosophy of science", en Porter, *The Cambridge History*, 279.

religiosas son un fundamento del conocimiento; la revelación no forma parte del mundo del saber, de la ciencia puramente humana que tanto quieren defender. Así que el asunto central en este debate religioso era el de la autoridad de la filosofía, que debía liberarse y dejar su servidumbre ante la teología. El gran problema del conocimiento, si aceptamos que no era un asunto de revelación o iluminación, conduce a una profunda reflexión sobre la naturaleza humana, sobre el entendimiento, sobre la razón y, en últimas, sobre cómo es posible para el hombre conocer la realidad.

Por esta misma razón, resultaba urgente que la filosofía se ocupara del hombre; en particular, de sus capacidades para conocer. De manera que la filosofía pudiera asumir como propio el gran problema del conocimiento y ese sería el cometido de los grandes filósofos de la Ilustración. El problema del conocimiento, el debate epistemológico, fue una vez más el gran campo de batalla de la filosofía. La tradición inglesa, que se remonta a Francis Bacon, buscó respuesta en una profunda reflexión sobre la experiencia humana. David Hume (1711-1776), quien llevó las tesis del empirismo al extremo para mostrar los límites de la razón misma en la producción de conocimiento verdadero, publicó en 1740 su *Tratado de la naturaleza humana*, en el cual dejó claro que todas las ciencias, desde las matemáticas, la filosofía natural o la moral, dependen de la ciencia del hombre, pues se relacionan de una u otra manera con la experiencia humana. Es entonces en la comprensión de la naturaleza humana, y no en la de Dios, en la que se enfrenta el problema del conocimiento. Esto supone un cambio de preguntas para la filosofía, que dejará su prioridad de estudiar las causas primeras de la teología para ocuparse de lo que se presenta como accesible al entendimiento humano, lo que podemos llamar *causas secundarias*.

La pregunta sobre cómo llegamos a tener un conocimiento confiable a partir de nuestra experiencia conduce a Hume a una contundente crítica del método inductivo y al principio de causalidad como fundamentos del conocimiento. ¿Qué nos hace tener la certeza de que el sol va a salir mañana, que el fuego produce calor, que el pan es alimento y no veneno o que la piedra que lanzo al aire va a caer? Sobre este punto Hume nos muestra que no hay nada en la lógica o en la razón que *a priori* nos permita llegar a conclusiones de tipo general o a predecir acontecimientos futuros. Nuestra certeza es más una clase de sentimiento, producto de la experiencia, o mejor, de la costumbre. Haber experimentado en repetidas ocasiones relaciones entre entidades, como por ejemplo entre el fuego y el calor o entre la nieve y el frío, hacen que la mente por costumbre establezca una relación causal entre estas entidades[14]. "Todas las inferencias de la experiencia humana son consecuencia

[14] "[...] having found, in many instances, that any two kind of objects —flame and heat, snow and cold— have always been conjoined together; if flame or snow be presented anew to the senses, the mind is carried by custom to expect heat or cold, and to believe that such a quality does

de la costumbre, no de la razón"[15]. De manera que lo que diferencia la ficción de nuestras creencias o certezas no es producto de leyes universales de la lógica sino de algún tipo de sentimiento que surge de las experiencias repetidas[16].

Hacer de la certeza y del método inductivo un problema que se resuelve en el terreno más de la psicología que de la razón tiene consecuencias profundas para una historia de la verdad. No es el tema de este libro, pero vale la pena recordar que las reflexiones de Hume son el punto de partida para que filósofos del siglo XX, como Karl Popper, propongan una solución al problema de la inducción que se aparta de la verificabilidad empírica como criterio de demarcación y que invita a pensar en el conocimiento científico en el terreno de lo probable y no en el de lo verdadero[17]. Más importante aún, el empirismo de Hume tendrá resonancia obvia en las propuestas más contemporáneas de explicaciones sociológicas sobre el conocimiento[18].

Locke, en su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, al igual que Hume en el *Tratado de la naturaleza humana*, buscó proporcionar el fundamento filosófico del conocimiento humano, lo que supone, en gran parte, mostrar sus limitaciones y abandonar pretensiones imposibles como las de la teología. Para Locke y una larga lista de pensadores, de cierta manera herederos de Francis Bacon, el problema del conocimiento reposa en la experiencia. De manera que la experiencia humana fue en el siglo XVIII el objeto de una cuidadosa reflexión filosófica y no solo en el caso de los empiristas ingleses. Por ejemplo, el filósofo francés Condillac escribió el *Tratado de las sensaciones* (1754), en el que abordó el mismo gran problema de la experiencia humana.

Como lo vimos en el capítulo sobre teología, uno de los cometidos de los teólogos había sido mostrar los límites de la filosofía. Parece que en el siglo XVIII los filósofos quisieron mostrar los límites de la metafísica y por ende de la teología. Recordemos que la ley natural de Tomás de Aquino supone que "La criatura racional se encuentra sometida a la divina providencia de una

exist [...]". David Hume, *An Enquiry Concerning Human Understanding* (Oxford: Oxford University Press, 1989), 46. Traducción propia.

[15] "All inferences from experience, therefore, are effects of custom, not of reasoning". Hume, *An Enquiry Concerning Human*, 43. Traducción propia.

[16] "[...] the difference between fiction and belief lies in some sentiment or feeling [...]". Hume, *Enquiry Concerning Human*, 48. Traducción propia.

[17] Karl Popper, siguiendo a Hume en su conclusión sobre la ausencia de rigor lógico en el método inductivo, llega a la conclusión de que un enunciado tiene sentido o se puede considerar científico no por ser verificable en la experiencia, sino más bien, dice Popper, se puede diferenciar un enunciado genuinamente científico del que no lo es cuando la experiencia permite falsar dicho enunciado.

[18] No parece una simple coincidencia que el llamado Programa Fuerte de Sociología del Conocimiento (David Bloor, Barry Barnes, Harry Collins), que tanto ha dado que hablar en los estudios sociales de la ciencia contemporáneos, hubiera nacido en Edimburgo como un programa de investigación empírica sobre las bases sociales de la ciencia.

manera superior a las demás, porque participa de la providencia como tal [...] hay también en ella (la criatura racional) una participación de la razón eterna [...] esta participación de la ley eterna en la criatura racional es lo que se llama ley natural [...]"[19].

Así, los seres son racionales, los hombres tienen acceso al conocimiento, a la verdad y a leer en la naturaleza la voluntad de Dios. Esta definición de criatura racional, de hombre, en la tradición escolástica es de clara importancia en la historia de la verdad. La ley natural supone un orden racional que no puede ser de otro modo. Dios pudo haber creado el mundo de cualquier manera, con elefantes diminutos y pulgas gigantes, pero no sería el mundo que conocemos, que podemos conocer, gobernado por una sola ley natural. Para la ciencia moderna, este designio divino-racional fue determinante para entender la naturaleza como algo que opera según principios racionales de valor universal. Así, la teoría escolástica de la vida moral y política se sustentó en la idea de que en nuestro entendimiento encontramos una ley o doctrina natural (divina), lo cual supone la existencia de "ideas innatas". Sobre este particular se opusieron pensadores como Hobbes y los seguidores del empirismo inglés, Locke en particular. Todo lo que sabemos del mundo, dijo Locke, lo sabemos por medio de los sentidos. El ataque empirista a las ideas innatas, y por lo mismo a la idea de ley natural escolástica, supuso un problema mayor: la negación de una razón universal común a todos los hombres.

En contextos distintos, en autores de enorme influencia como el conde de Buffon (1707-1788), encontramos críticas similares al racionalismo. En la introducción de su *Historia natural*, Buffon enuncia una separación entre verdades abstractas y verdades físicas, siendo las primeras fruto de la invención humana y en tanto que las segundas se sustentan en una realidad material. Tomando distancia frente a la metafísica cartesiana, para Buffon las demostraciones matemáticas forman parte de la primera categoría. La ciencia de la naturaleza solo debe fundarse en las observaciones particulares, en hechos, que no dependen de las ideas de quien observa sino de la naturaleza misma.

El desafío de la filosofía mecánica

La influencia de la filosofía mecánica y la separación entre mente y materia propuesta por Descartes hicieron de la pregunta por la naturaleza del mundo material uno de los problemas centrales de la ciencia y de la filosofía del siglo XVIII. Una cuestión ya de central importancia para Newton, para sus seguidores y para sus contradictores fue la pregunta sobre si la materia es pasiva, si las fuerzas que rigen el orden de la naturaleza son explicables como propiedades de la materia o si por el contrario se trata de fuerzas externas, inmateriales,

[19] Citado en Pagden, *La Ilustración*, 76.

que definen el comportamiento de la naturaleza, tal y como lo supone Newton. El debate, como es evidente, trascendió los límites de la física y supuso enfrentar preguntas de carácter teológico y sobre la naturaleza de la materia y de Dios.

Uno de los tradicionales logros de la llamada revolución científica está asociado con la mecanización de la naturaleza. Como lo vimos en el acápite sobre René Descartes, la posibilidad de pensar el mundo en términos mecánicos requirió de la tajante separación entre la mente y la materia; y, como consecuencia, la igualmente inquebrantable distinción entre el *sujeto* y el *objeto*. Podemos encontrar versiones distintas de la filosofía mecánica, pero esta dualidad entre la *res cogitans*, la mente, y la *res extensa*, el mundo material, es una condición de posibilidad de la certeza, o mejor, de la objetividad que supone una explicación puramente mecánica de los fenómenos naturales. Solo en la medida en que el *sujeto* se separa por completo del mundo material es que este se puede ver como un *objeto* puro, en cuya realidad no hay intervención alguna del *sujeto*. Por ende, podemos hablar de conocimiento objetivo. La filosofía mecánica y estos ideales de un conocimiento objetivo tuvieron un impacto notable sobre la historia de la verdad, pero también es cierto que fueron objeto de un debate prolongado y de no pocas objeciones.

Por un lado, el racionalismo cartesiano y la idea misma de un método deductivo se enfrentaron a diversos ataques, los más contundentes, a manos de los empiristas ingleses y de los naturalistas como Buffon. Por su parte, la idea de un mundo mecánico tampoco fue una explicación satisfactoria para un buen número de pensadores del siglo XVIII. Nuevas versiones de la filosofía mecánica fueron parte importante de la ciencia ilustrada con pensadores como Pierre-Simon Marquis de Laplace (1749-1827); pero en la segunda mitad del siglo, un grupo de autores se embarcó en lo que podemos llamar la revitalización de la naturaleza. Insatisfechos con una mirada mecánica de la naturaleza, buscaron disolver la dicotomía cartesiana y otorgar a la materia orgánica una fuerza activa y teleológica.

Un interesante opositor de la mecánica, tanto cartesiana como newtoniana, fue Johann Wolfgang von Goethe, quien consideró el empirismo y la concepción mecánica de la naturaleza caminos reduccionistas y equivocados. A su vez, defendió que la naturaleza era un ente vivo, cuyas partes conformaban un todo, y que las experiencias de particulares, los experimentos, no podrían ser el fundamento de un conocimiento con pretensiones universales. Estas ideas tuvieron ecos importantes en la posterior filosofía natural alemana, de la cual un buen exponente fue el fisiólogo, anatomista y antropólogo alemán Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840), para quien en la naturaleza misma se pueden apreciar fuerzas activas que definen la formación, la conservación y los propósitos de la naturaleza. Aquí, a diferencia de Newton, dichas fuerzas forman parte de la naturaleza misma, no se trata de una fuerza divina exterior. Esta resistencia a la filosofía mecánica encontró a

finales del siglo un fuerte aliado en la *Naturphilosophie*, y en pensadores de la importancia de Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1755-1854), quien proclamó que la filosofía tenía la tarea de liberarse del dominio de los "mecanismos inertes"[20].

Sapere aude, Immanuel Kant

La obra de Newton es un ejemplo de una ciencia universal, pero la fundamentación filosófica de un conocimiento racional no parece resolverse tan fácilmente y fue el cometido de no pocos pensadores del siglo XVIII, entre los cuales ocupa un lugar destacado Immanuel Kant, uno de los más emblemáticos pensadores de la Ilustración. Su célebre texto *¿Qué es la Ilustración?* ha sido desde su publicación uno de los textos más comentados en la historia de la filosofía moderna y sin duda un referente obligado en cualquier intento por entender el Siglo de las Luces[21].

"Ilustración —escribe el filósofo alemán— significa el abandono por parte del hombre de una minoría de edad cuyo responsable es él mismo"[22]. Dicha minoría de edad, explica, es la incapacidad de servirse del propio entendimiento. El lema de la Ilustración para Kant es la máxima: *Sapere aude!* (Atreverse a saber), célebre frase de Horacio, o en otras palabras: ten valor para servirte de tu propio entendimiento. Esta capacidad o el valor de usar la propia habilidad para pensar, pensar por sí mismo, está estrechamente relacionada con la libertad; es también una forma de emancipación humana sobre la autoridad.

De este modo, la Ilustración se identifica con el derecho de todo ser humano para definir su propia forma de vida sin que ningún tipo de autoridad externa, principalmente religiosa, se lo imponga. No obstante, muy lejos de pensar la libertad como una emancipación o capricho individual, la mayoría de edad supone el uso de la *razón*, la cual es común a todos los hombres. La "caída del hombre natural", que en la Biblia es un acto de desobediencia, constituye para Kant el reconocimiento de la razón y la libertad humana. Esta historia humana que se inicia con la expulsión del Paraíso fue, para la gran mayoría de pensadores de la Ilustración europea, una historia de emancipación y de progreso de la humanidad. No se trata solamente de un ideal filosófico, sino de un momento histórico particular, que si bien para Kant y

[20] "Lift it out of the dead mechanisms where it bashfully appeared and to animate it, so to speak, by freedom, to elevate it to its own, free development". Citado en Hans Reill, "The Legacy of 'Scientific Revolution': Science and the Enlightenment", en Porter, *The Cambridge History*, 42. Traducción propia.

[21] Autores como Hegel, Nietzsche, Foucault, Habermas, entre muchos otros, han comentado el texto de Kant.

[22] Kant, *¿Qué es la Ilustración?*, 87.

muchos otros ilustrados apenas comenzaba, era una realidad que vivía la Europa del siglo XVIII. Kant expresó la confianza de estar viviendo tiempos de renovación y la Revolución francesa fue una corroboración de que el destino de la humanidad hacia una república cosmopolita era posible.

> [...] Es una auténtica época crítica —diría Kant— y a la crítica ha de someterse todo. La religión por sagrada y la legislación por su carácter majestuoso se han creído exentas, y con ello se han ganado la merecida desconfianza de los demás. Por tanto, no pueden pretender el genuino respeto que la Razón garantiza solo a las cosas capaces de soportar un examen público y libre[23].

Immanuel Kant (Königsberg, Prusia, 1724-1804)

Filósofo y figura clave del periodo de la Ilustración. Nació en una familia humilde compuesta por sus dos padres y ocho hermanos, de los cuales solo cinco alcanzaron la adolescencia. Su padre era un artesano alemán y su madre era hija de un fabricante de sillas de montar. Ingresó a la Universidad de Königsberg en 1740. Allí, gracias a Martin Knutzen, su maestro más importante, profundizó en la teoría física y matemática de Newton. Después se concentró en el estudio de la filosofía, campo en el que fue más aclamado. Su obra más reconocida es la *Crítica de la razón pura*, pero no es la única. Escribió una variedad de obras que marcaron el curso de la filosofía, entre ellas se encuentran la *Crítica de la razón práctica*, la *Crítica del juicio*, *La metafísica de las costumbres* y *Observaciones sobre el sentimiento de lo bello y lo sublime*. Vivió una vida serena y regular, excepto por el conflicto que se generó gracias a *La religión dentro de los límites de la mera razón*, libro que fue censurado durante el gobierno de Federico Guillermo II, periodo durante el cual Kant se vio obligado a no publicar sus escritos sobre religión. Murió el 12 de febrero de 1804, habiendo ganado ya reconocimiento como filósofo.

Esta concepción de emancipación humana fue un ideal cercano a los grandes pensadores de la Ilustración francesa. Diderot, refiriéndose al filósofo ecléctico que no se doblega ante la autoridad de la tradición o los prejuicios, nos dice que es el que "se atreve a pensar por sí mismo, a remontarse

[23] Citado en Pagden, *La Ilustración*, 43.

hasta los principios generales más claros, a examinarlos, a discutirlos y a no aceptar más que el testimonio de su experiencia y su razón"[24].

Al tiempo que Diderot y sus compañeros *philosophes* ponían en marcha el colosal proyecto de la *Enciclopedia*, Kant escribía su gran obra *Crítica de la razón pura*, con la cual se proclamó un nuevo régimen de verdad fundado en leyes universales e inmutables, propias de la razón humana. Para Kant, este ideal del conocimiento tenía bases filosóficas profundas. El filósofo de Königsberg quiso mostrar cómo la mente humana no es un recipiente pasivo de experiencias sensoriales. El mundo es inteligible porque existen marcos de comprensión y categorías que preceden a la experiencia.

En Kant, la llamada revolución copernicana consistió en reconocer el papel activo que desempeña la razón humana en la experiencia del mundo exterior, otorgándole al sujeto una función determinante frente al problema del conocimiento. En últimas, la "revolución" kantiana le otorgó al sujeto y a la mente reglas o principios que determinaban la experiencia humana y, por ende, definían la realidad. Tomando distancia frente a las nociones de espacio y tiempo absolutos de Newton —los cuales habían sido entendidos por este en términos teológicos, Dios como lugar— Kant desarrolló una sofisticada concepción tanto del tiempo como del espacio en términos de categorías *a priori* del entendimiento. Se trata entonces de categorías propias de la razón humana y no divina.

Buena parte del pensamiento filosófico de la Ilustración hizo del hombre, de su propio entendimiento y de la razón objetos de reflexión profunda. Si el conocimiento era un problema humano y no divino, era menester entender tanto la experiencia como la mente humana, su naturaleza y sus límites; solo así se tendría un fundamento filosófico para la ciencia. Como bien sabemos hoy, la Ilustración no fue el fin de la religión, pero la autoridad de la teología, como madre de las ciencias, fue atacada con insistencia. Esto quiere decir que la ley natural ya no era la impronta del Creador en el hombre, no era divina sino propia de la naturaleza y, en algunos casos, como el de los empiristas ingleses, y del propio Kant, de la naturaleza humana. Pero la existencia de Dios y la creación del mundo, por más que pocos defendieran los textos bíblicos de manera literal, muy pocas veces se ponían en duda. Lo que realmente estaba en juego no era la existencia de Dios sino la autoridad de la Iglesia y de la teología. El ataque era contra la autoridad del clero, en busca de la consolidación de una nueva autoridad, de una soberanía secular, lo que Max Weber llamaría "el desencantamiento del mundo". La contienda no era para nada trivial, en últimas se trataba de quién tenía autoridad para hablar en nombre de la humanidad.

Como hemos visto, el problema de la autoridad fue un problema epistemológico; pero no por esto podemos reducir la Ilustración a un conjunto de

[24] *Ibid.*, 105.

supuestos filosóficos. La Ilustración europea y sus grandes ideales deben ser explicados en un contexto histórico particular y como resultado de un conjunto de prácticas que trataremos de describir a continuación.

CAPÍTULO XX

EXPLORACIÓN Y APROPIACIÓN EUROPEA DEL MUNDO

No SERÍA posible comprender a cabalidad la cultura ilustrada sin explicar el papel que desempeñaron los viajes de exploración del siglo XVIII. Estos fueron un componente definitivo del proceso cultural mediante el cual Europa proclamó su dominio y consolidó su imagen como centro y motor de la historia moderna. Fue mediante los testimonios —diarios, mapas, catálogos, colecciones— de los exploradores que el mundo entero se hizo accesible para los europeos. La verdad sobre el mundo natural en el siglo XVIII fue el resultado de grandes empresas y robustas prácticas colectivas. En el seno de vigorosos proyectos imperiales se consolidó la autoridad de aquellos autores y hombres de ciencia cuyos conocimientos adquirieron una creciente credibilidad.

El género de la literatura de viajes, si bien no fue exclusivo de la Ilustración, tuvo un notorio crecimiento en el siglo XVIII e incluyó un espectro geográfico cada vez más amplio. Así, se pretendió cubrir la totalidad del globo terrestre, desde los polos norte y sur, pasando por todos los continentes, océanos, ríos, montañas y volcanes, todos y cada uno de los objetos y criaturas de la Tierra. Se trató del propósito europeo por comprender, abrazar y rodear la totalidad del planeta.

La conquista europea fue un gran cometido técnico y científico que hizo posible la movilización del mundo a los centros económicos de Europa (véase el capítulo XI). De este modo, Lisboa, Sevilla, Ámsterdam, y para el siglo XVIII, París y Londres, se convirtieron en los más notables centros de acopio de información geográfica.

Los grandes viajes de exploración fueron una práctica de gran interés público, político y científico. Entre los más destacados debemos mencionar los viajes de John Byron (1723-1786); Jean François de Galaup, conde de La Pérouse (1741-1788); Samuel Wallis (1728-1795); Louis Antoine de Bougainville (1729-1811); Charles de la Condamine (1701-1774); James Cook (1728-1779); David Livingstone (1813-1873); Alexander von Middendorff (1815-1894); Nikolai Przhevalsky (1839-1888); Alessandro Malaspina (1754-1810), y, de manera notable, el de Alexander von Humboldt (1769-1859). Para poder entender con algo más de detalle la importancia de la exploración, nos ocuparemos de algunas de estas empresas europeas que se dieron a lo largo y ancho del globo.

Medir la Tierra para controlar el mundo

En 1733, la Academia de Ciencias de París lideró un gran proyecto científico que requirió de dos complejas expediciones de entrenados astrónomos, con la tarea de medir la longitud de un grado del meridiano terrestre en las cercanías del círculo polar y en el ecuador. El primer equipo de astrónomos viajó a Laponia, en el norte de Finlandia, y el segundo al virreinato del Perú. Estas mediciones resolverían problemas geográficos claves y de paso —no menos interesante— podrían corroborar si las predicciones sobre la forma achatada de la Tierra de Newton en sus *Philosophiae naturalis principia mathematica* eran acertadas o no. En 1735 el astrónomo Louis Godin, en compañía de Charles de la Condamine y otros naturalistas, zarparon rumbo al ecuador americano. Además del equipo francés, en este proyecto tomaron parte los españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Permanecieron en América varios años y recopilaron valiosa información no solo geográfica sino sobre recursos naturales[1].

Algo más tarde, Luis XVI encomendó a La Pérouse dirigir una expedición alrededor del mundo con el propósito de completar el reconocimiento del océano Pacífico. Con dos fragatas de quinientas toneladas y doscientos hombres a su servicio, partió en 1785 en una ambiciosa exploración planetaria con intereses económicos y científicos. Lo acompañó un destacado equipo de hombres de ciencia, un astrónomo, un médico, tres naturalistas, un matemático y tres dibujantes. Rodearon el cabo de Hornos, visitaron las colonias españolas en Chile, pasaron por las islas de Pascua y Hawái y llegaron hasta Alaska. La Pérouse visitó Monterrey en territorio mexicano y se internó nuevamente en el gran océano pasando por Manila y recorriendo la costa noroeste de Asia, visitando la península de Corea, hasta llegar a Australia. Sus valiosos diarios y cartas fueron enviados a Europa, pero en 1788, cerca de las islas Salomón, se perdió el rastro del explorador y de sus acompañantes.

Entre los exploradores ingleses del siglo XVIII es necesario mencionar el nombre de James Cook (1728-1779), quien lideró tres grandes viajes que cubrieron buena parte del globo. Con el fin de producir una cartografía más precisa, y equipado con los mejores instrumentos de observación astronómica, Cook tuvo la misión de observar el tránsito de Venus frente al Sol y reconocer las costas del continente austral. Cook reclamó para la Corona inglesa las costas de Australia, visitó las islas Hawái y recorrió buena parte del Pacífico

[1] Véanse Antonio Lafuente, *Los caballeros del punto fijo: Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII* (Barcelona: Ediciones del Serbal, 1987); Neil Safier, *Measuring the New World: Enlightenment Science and South America* (Chicago: University of Chicago Press, 2008).

sur. Lo acompañaron notables naturalistas, como Joseph Banks y Daniel Solander, y sus viajes tuvieron una importante producción de información inédita para los europeos, tanto en cartografía como en historia natural.

Historia natural europea y la apropiación de un nuevo mundo

Las políticas de la Corona española bajo el reinado de Carlos III tuvieron como uno de sus ejes centrales grandes proyectos de exploración del territorio y de los recursos naturales americanos[2]. En el siglo XVIII España envió numerosas y costosas expediciones científicas al Nuevo Mundo. De este periodo se destacan la expedición a Perú y Chile de Hipólito Ruiz y José Pavón, quienes viajaron en compañía del francés Joseph Dombey entre 1777 y 1788; los viajes a la parte norte de la América española hechos por Martín de Sesse y Alessandro Malaspina (1789-1794), y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1815), al mando de José Celestino Mutis.

Algunos títulos de publicaciones del siglo XVIII nos dan una idea del propósito europeo de comprender y cubrir el mundo entero: *A New Voyage Round the World* (1697) de William Dampier; *A Journal of a Voyage Round the World in* H. M. S. Endevour (1768-1771) de James Cook; *A Voyage Round the World Performed in the Years 1785, 1786, 1787 and 1788 by the* Boussole and Ast, del conde de La Pérouse; *Voyage Around the World* (1790-1792) de Charles Fleurie; *A View of the Universe* (1777) de Georg Forster; *Voyage autour du monde* (1771) de Louis Antoine de Bouganville; *A Voyage Around the World in the Years* MDCCXL (1748) de George Anson; *Voyage Round the World in the Years 1803, 1804, 1805 and 1806* de Urey Lisiansky, y *Cosmos* (1834-1859) de Alexander von Humboldt[3].

Los nombres de los barcos, a su vez, nos dan pistas sobre el carácter científico y de exploración de estos viajes: el *Endevour* y el *Discovery* se llamaron los barcos de James Cook; *Descubierta*, el de Alessandro Malaspina; *Astrolabe*, el de La Pérouse; *Naturaliste*, el de Baudín; *Recherche* o el *Investigador* fueron nombres de otras naves del siglo XVIII. El viajero ilustrado, el naturalista explorador, a diferencia de los marineros, los soldados e incluso de los conquistadores, fue un hombre de letras, aristócrata, miembro de las élites sociales y científicas de Europa, y con frecuencia llegó a ser un autor de gran reconocimiento. Sin excepción, se trataron de viajeros equipados con un arsenal de instrumentos diseñados para la recolección de información

[2] Véanse Juan Pimentel, *Testigos del mundo: Ciencia, literatura y viajes en la Ilustración* (Madrid, Marcial Pons, 2003); Miguel Puig, *Las expediciones científicas durante el siglo XVIII (Madrid: Akal, 1991)*; Mauricio Nieto, *Remedios para el imperio: Historia natural y apropiación del Nuevo Mundo* (Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia, 2000).

[3] Mauricio Nieto, *Orden natural y orden social: Ciencia y política en el semanario del Nuevo Reyno de Granada* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007), 310.

sobre la geografía, sobre los recursos naturales, el clima y los habitantes de cualquier lugar del planeta.

Lejos de ser una empresa solitaria, la exploración implicaba la financiación y el apoyo de gobiernos e instituciones, la dotación de instrumentos y mapas, la conformación y entrenamiento de equipos humanos con diversas competencias y habilidades y, no menos importante, de artistas que hicieron posible el registro visual de los paisajes, la geografía, las plantas, los animales y las personas de lugares remotos. Al mismo tiempo, los testimonios de los viajeros se convirtieron en fuentes para muchos otros autores que, sin salir de Europa, recrearon el mundo entero alimentados por estos relatos. Este fue el caso de reputados naturalistas, historiadores y filósofos de la Ilustración como Buffon, Cuvier, Robertson, Kant o Hegel. Los grandes hombres de ciencia que permanecieron en Europa se vieron obligados a leer y referirse a los exploradores. De este modo, el proyecto ilustrado de las grandes enciclopedias fue en gran parte la recreación de la exploración del planeta.

El auge de la exploración en lo profundo de los continentes generó un caudal de información sin precedentes en la historia del mundo, de datos y piezas que fueron llevadas a instituciones europeas. La cantidad de nuevos conocimientos recopilados en centros europeos del siglo XVIII fue abrumadora. Lo anterior se dio en materia de fauna, flora, geografía y culturas de otras partes del mundo, y no es extraño que se refieran a este periodo como una "segunda era de los descubrimientos"[4]. Esta segunda era se caracterizó por ocuparse no solo de las costas y rutas de acceso a los nuevos continentes, sino de una intensa exploración del interior de América, África, Australia, Asia central y Siberia.

La conquista europea del mundo no se redujo a un asunto de dominación militar o comercial. De manera muy efectiva, la apropiación europea del resto del planeta estuvo en manos de naturalistas, geógrafos, astrónomos, botánicos, químicos y médicos. Tampoco se trató simplemente de intereses comerciales, de ambiciosos cazadores de especies, de oro y de plata o de nuevos recursos naturales para Europa. Se trató de un proceso de consolidación de un nuevo orden social y natural del mundo entero. El viaje fue una legítima actividad científica y el medio para un gran cambio en la visión del mundo y de la naturaleza, así como una transformación de la visión del hombre; en particular del hombre europeo, que en su encuentro con otras culturas reafirmó y construyó su identidad como paradigma de cultura y civilización. El viaje fue entonces un elemento central en la nueva visión de la naturaleza, ya que permitió nuevas asociaciones y relaciones entre la diversidad y variedad geográfica del planeta. El libro de viaje narraba la lucha del hombre con la naturaleza, y la mayoría de las veces era una celebración

[4] Peter Burke, *Historia social del conocimiento II: De la enciclopedia a la Wikipedia* (Barcelona: Paidós Orígenes, 2012), 24.

del triunfo del hombre europeo sobre lo salvaje, de la civilización sobre la barbarie, del orden sobre el caos.

La exploración de casi todos los rincones del planeta facilitó la percepción del mundo como un todo. No es una coincidencia entonces que los globos terráqueos se hayan vuelto parte del mobiliario de la aristocracia europea. La misma idea de Europa como centro de la civilización tuvo sentido en la medida en que Europa proclamó conocimiento del mundo a una escala global, un proceso que como vimos se inició con la expansión cristiana del siglo XVI. La idea misma de Europa y de un "nosotros" solo fue posible en la medida en que existen los "otros", los no europeos, pueblos con diferencias raciales y culturales notables, pero que para Europa carecían de las virtudes de un pueblo civilizado. Diderot dice: "[...] es la ignorancia de los salvajes lo que en cierto modo ha iluminado a los pueblos civilizados del mundo"[5].

Museos y jardines: centros de acopio y estancos del conocimiento

Los gabinetes y luego los museos de historia natural de las grandes capitales europeas, instituciones como el Jardin du Roi en París, Kew Gardens en Londres o el Real Jardín Botánico en Madrid, se convirtieron en centros de acopio que concentraron un volumen de información única y privilegiada. El Jardin du Roi, al igual que los reales jardines botánicos de Madrid o Londres, más que bellas parcelas para la exhibición de plantas vivas o almacenes de colecciones de especímenes disecados fueron los centros de poderosas redes internacionales que incorporaron dentro de sus posesiones naturales especímenes del mundo entero, los cuales debían organizarse y catalogarse. De esta manera, un pequeño grupo de naturalistas tuvo el privilegio de acumular y comparar un volumen de plantas y animales en una escala distinta a la de los nativos o de los mismos viajeros. De hecho, se familiarizaron con un mayor número de especímenes que cualquier otro ser humano en la medida en que más y más objetos provenientes de lugares lejanos fueron recopilados en dichos centros.

Los exploradores fueron recolectores de objetos de naturaleza muy diversa, coleccionaron especímenes animales y vegetales, en ocasiones vivos o disecados, fósiles, minerales y piezas de valor etnográfico. El proceso de acumulación, sin embargo, no fue tan simple. El mundo natural no se puede tomar y llevar de un lugar a otro; las plantas y los animales de otras latitudes difícilmente sobreviven en los climas europeos y los viajeros necesitaron técnicas sofisticadas para acumular conocimiento por medio de descripciones y dibujos.

[5] Citado en Pagden, *La Ilustración*, 236.

Como vimos, los mapas y las ilustraciones botánicas son dos ejemplos claros de cómo, mediante la representación visual en hojas de papel, fue posible la acumulación de conocimientos sobre la naturaleza y la geografía. No menos importante, estos procesos implicaban también la sistemática recolección de conocimientos de esas otras culturas y los centros de Europa se convirtieron en centros de acopio, tanto de objetos como de conocimientos. Los gabinetes de curiosidades, que mencionamos en el acápite sobre arte e historia natural (véase el capítulo XII) se transformaron entonces en los grandes museos nacionales. Estos fueron, de hecho, poderosos símbolos de poder imperial, espacios en los cuales los europeos exhibían sus posesiones, y no tanto las propias o locales, sino especímenes de lugares remotos.

Si bien la experiencia directa de los viajeros formó parte esencial de este nuevo conocimiento, la autoridad científica se consolidó en estos centros y no en el campo. Quienes tenían acceso o estaban a cargo de esos objetos y documentos adquirieron un punto de vista único. El viajero podía tener el privilegio de la experiencia directa; pero solo podía apreciar un fragmento del mundo natural, mientras que el naturalista de gabinete tenía la ventaja de sumar experiencias e información de muchos lugares sin necesidad de enfrentar las dificultades de largas y penosas travesías. Linneo, Cuvier, Buffon o los grandes cartógrafos no podrían haber producido sus obras en el campo, y se beneficiaron de la posibilidad de comparar, ordenar y juntar información recolectada por muchos.

Los grandes aportes de Cuvier en la anatomía comparada solo pudieron haberse logrado en un lugar con suficientes ejemplares, que permitiera establecer las comparaciones que este campo supone y que, como sabemos, serían definitivos en los posteriores desarrollos del pensamiento biológico moderno y en las explicaciones sobre el origen evolutivo de las especies. Algunos de los grandes científicos naturalistas de la Ilustración combinaron sus experiencias como exploradores con el posterior trabajo de gabinete y sus obras tuvieron un amplio reconocimiento científico. Linneo, Banks y Humboldt son algunos ejemplos.

Para que esta creciente información adquiriera sentido se requería entonces de sistemas de clasificación y formas de observar estandarizadas. Una vez más, la consolidación de lenguajes comunes en este ámbito fue el producto de centros de acopio y de difusión, con la capacidad de definir las reglas de juego para la observación, la descripción, el dibujo y la catalogación de objetos naturales. Observar no es simplemente mirar el mundo de manera directa. La observación, para que se transforme en conocimiento, debe seguir reglas, requiere de un lenguaje, de disciplina y parámetros reconocidos por comunidades cada vez más amplias. La idea de un conocimiento "universal" es entonces el resultado de estas complejas prácticas de acumulación y estandarización, y no tanto el resultado de valerosos exploradores o mentes geniales que trabajan de manera aislada.

El gran reto del siglo XVIII no se limitó entonces a la acumulación de fragmentos o piezas individuales, sino que implicó su organización sistemática. Esto condujo a incorporar lo desconocido en marcos de referencia familiares, lo cual es una eficiente forma de apropiación[6]. Para entender el gran cometido europeo de ordenar el mundo natural será útil describir en cierto detalle la obra y el impacto del naturalista sueco Carlos Linneo.

Carlos Linneo y el orden de la naturaleza

El conocimiento del orden natural a escala global y la producción de grandes catálogos y colecciones de objetos naturales en el siglo XVIII formaron parte de los proyectos imperiales. Para el mismo Linneo existía una relación indisoluble entre la historia natural, la economía, el comercio y la industria. Al respecto, Linneo afirmó: "Un economista sin conocimiento de la naturaleza es como un físico que no sabe matemáticas"[7]. En un texto leído frente a la familia real sueca en la Universidad de Upsala en 1759 Linneo dijo:

> Nuestro pobre conocimiento de la ciencia nos obliga a comprarles a extranjeros hierbas medicinales, té, quina, que anualmente nos cuesta una grandiosa cantidad de dinero [...]. Sin ciencia nuestras sardinas serían pescadas por extranjeros, nuestras minas explotadas por extranjeros y nuestras bibliotecas invadidas por los trabajos de extranjeros[8].

Y como si le hablara a la princesa Sofía Albertina de seis años, Linneo continuó:

> Sin ciencia los demonios del bosque se esconderían detrás de cada arbusto y los fantasmas nos aterrorizarían en cada esquina oscura; duendes, monstruos, espíritus de los ríos, y los demás miembros de la banda de Lucifer vivirían entre nosotros como gatos pardos y la superstición, brujería, magia negra, rondarían entre nosotros como mosquitos[9].

[6] Véase Nieto, *Remedios para el imperio*, 111-123.

[7] "An economist without knowledge of nature is therefore like a physicist without knowledge of mathematics". Citado en Lisbet Koerner, *Linnaeus: Nature and Nation* (Cambridge y Londres: Harvard University Press, 1999), 103. Traducción propia.

[8] "Lesser knowledge of science by us still cause [...] Tea, Quinine, and Cochineal to be bought yearly for great sums of money [...] Without science our Herrings will still be caught by foreigners, our Mines be mined by foreigners, and our Libraries be weighted down by foreign works". Citado en Koerner, *Linnaeus: Nature and Nation*, 94. Traducción propia.

[9] "Yes, Demons of the forest would hide in every bush. Spectres haunt every dark corner. Imps, gnomes, river spirits and others in Lucifer's gang would live among us like gray cats, and Superstition, Witchcraft, Black Magic, swarm around us like Mosquitoes". Citado en Koerner, *Linnaeus: Nature and Nation*, 94. Traducción propia.

Carlos Linneo (Rashult, Suecia, 1707-1778)

Naturalista y botánico. Después de tener una educación personalizada durante sus primeros años, Linneo ingresó a una escuela en Vaxjo, hacia 1724, donde comenzó sus estudios de botánica. Allí conoció a Johan Rothman, un importante médico y botánico de la ciudad. Rothman le enseñó a Linneo sobre clasificación de plantas y medicina. Tres años más tarde, con su ayuda, Linneo se marchó a Lund para comenzar sus estudios universitarios. Allí conoció a Kilian Stobaeus, quien, además de convertirse en su tutor, compartió con Linneo sus investigaciones sobre botánica. Hacia 1728, Linneo se trasladó a Upsala para continuar sus estudios en la universidad de esta ciudad. Allí tuvo la protección de Olof Celsius, uno de los principales botánicos de Suecia. Con Celsius emprendió varias expediciones botánicas, y realizó diferentes publicaciones sobre sistemas de clasificación de plantas. Hacia 1732, con el apoyo real, emprendió una expedición por el norte de Europa, con el fin de analizar diferentes tipos de plantas y animales. En 1735, Linneo consiguió su doctorado en medicina en la Universidad de Harderwijk, Holanda. En este mismo año publicó en Leiden la primera edición de *Systema naturae*, en la que propuso un nuevo sistema de clasificación del mundo natural. En 1739 ayudó a fundar la Real Academia de las Ciencias de Suecia, de la cual fue su primer presidente. En 1750 fue nombrado rector de la Universidad de Upsala y en 1751 publicó en Ámsterdam su obra más destacada: *Philosophia botanica*, en la que estableció un sistema taxonómico detallado, basado en trabajos previos. En 1757 recibió por parte del rey Adolfo Federico de Suecia un título nobiliario. Murió en su casa de Upsala a los 71 años.

Detrás de esta visión utilitaria y comercial del conocimiento está una concepción religiosa de la naturaleza, la cual fue fundamental, no solo para Linneo sino en general para la historia natural del siglo XVIII. Género y especie, tal y como los concibió Linneo, son las más importantes categorías de este sistema y representan las unidades esenciales de la obra de Dios. El orden de la naturaleza, para Linneo, era una muestra visible de la sabiduría y generosidad del Creador. La Tierra, para él, no era más que un gabinete de historia natural que contenía las obras maestras del omnisapiente Creador, y los seres humanos, "el milagro de la naturaleza y el rey de los animales para quien la naturaleza ha creado todas las cosas"[10]. El mundo natural tenía un propósito:

[10] *Ibid.*, 84.

brindarle beneficios materiales al hombre. El hombre tiene, por lo tanto, no solo el derecho sino el deber de entender y explotar ese orden divino.

En el sistema de clasificación de Linneo, las plantas no son descritas de acuerdo con sus propiedades particulares sino según las características comunes que hacen de una planta parte de un conjunto mayor, de una "clase". En otras palabras, el éxito de la identificación de un nuevo espécimen no dependía tanto de un exhaustivo examen de un individuo sino de la verificación de características ya familiares que se pudieran reconocer en ese nuevo espécimen. Por lo mismo, la labor de construir un nuevo sistema de clasificación natural implicó el acceso a una gran cantidad de información. El botánico linneano estaba en capacidad de transformar una vegetación extraña en algo familiar, porque estaba convencido de que cualquier planta sobre la Tierra respondía a reglas de un orden preestablecido.

Linneo dividió todas las plantas con flor (angiospermas) en veintitrés clases de acuerdo con sus órganos masculinos y en particular con el número de estambres (véase la imagen XX.1.). Este interés particular en los órganos florales, que podían entonces ser apreciados en detalle con el uso de lentes,

IMAGEN XX.1. Systema naturae, *Carlos Linneo, 1748*

FUENTE: "Systema Naturae Plate VII", *Wikimedia Commons*, última modificación 18 de abril del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/6hLGcr.

le dio a Linneo el material para la producción de un sistema de clasificación basado en su designación y diferenciación. Así, la flor se fue convirtiendo cada vez más en el órgano más importante para la clasificación.

Se necesitaba entonces una nueva terminología estandarizada y definitiva. Linneo, en su *Hortus cliffortianus* (1738) hizo un importante esfuerzo para darles nombres estandarizados a todas las partes de la planta. A mediados del siglo XVIII, el latín botánico había entonces adquirido un vocabulario basado en los legados de John Ray (1627-1705) y Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708). Con los aportes de Linneo, y su robusta red de colaboradores a lo largo y ancho de la Tierra, se constituyó un idioma común para denominar cualquier planta.

El "sistema sexual" de Linneo constituyó el lenguaje observacional; el "filtro" con el cual los botánicos en cualquier parte del mundo se aproximaron a la naturaleza, ofreciéndoles a los viajeros una disciplina y un método común para representar, transportar y apropiarse de objetos naturales. Como un ejemplo más de la importancia de las categorías de género en las concepciones occidentales del mundo natural, vale la pena señalar cómo Linneo, en su sistema sexual, le dio prioridad a lo masculino: son los órganos masculinos (estambres) los que determinan las clases en que se dividen las plantas, y ocupan un lugar inferior los órganos femeninos (pistilos), que determinan los órdenes[11]. Al principio el sistema era aritmético y artificial. Sin embargo, las siguientes agrupaciones en el sistema de Linneo (género y especie) eran vistas como naturales. Estas se consideraban unidades propias de la naturaleza y, por lo tanto, el éxito del explorador estaba en descubrir nuevos géneros y nuevas especies.

Las categorías de género y especie fueron centrales en la filosofía linneana y por ello también los viajes de exploración. Los descubrimientos y éxitos de las expediciones fueron medidos en términos del número de especies distintas y nuevos géneros recolectados. Sobra decir que quien "descubre" un nuevo género solo puede ser alguien entrenado para verlo como tal. En otras palabras, una planta ya conocida y utilizada por un grupo de personas que desconozca las reglas del sistema linneano de clasificación podría ser "descubierta" y renombrada.

Como ocurre con la toponimia en cartografía, el acto de nombrar los objetos naturales resultó esencial para el gran propósito europeo de ordenar la Tierra. Otorgarle nombres familiares a una vegetación extraña es una forma de conquistar lo "ajeno". Al igual que los dibujos, los nombres también eran unidades simbólicas que podrían ser transportados fácilmente[12]. No

[11] Londa Schiebinger: "The Philosopher's Beard: Women and Gender in Science", en Porter, *The Cambridge History*, 204.

[12] Anthony Pagden, *European Encounters with the New World* (New Haven: Yale University Press, 1993), 27.

cualquier persona tenía la autoridad para nombrar una nueva planta. En la *Crítica botánica* de Linneo leemos: "Quien establece un nuevo género le debe dar un nombre [...] nadie que no sea un botánico le debe dar un nombre a una planta y no es permisible que alguien denomine un nuevo género a menos que entienda los géneros existentes".

Los nombres, las palabras utilizadas para referirse a un género o a una especie, tienen una función importante que vale la pena comentar. Los nombres deben ser cortos y fáciles de memorizar para poder codificar y manejar el mayor número de especímenes. El idioma utilizado fue el latín, el cual presenta una ventaja esencial. El latín era un potente símbolo de cultura relacionado con prácticas de poder, como la diplomacia, las leyes, la religión y la historia natural. Gracias al latín los botánicos podían comunicar sus descubrimientos a todo el mundo culto de su época. El nombre de la especie era una combinación binaria del nombre genérico seguido de otra palabra que era un epíteto: *Cinchona officinalis* (quina), *Tulipa purissima* (tulipán), *Triticum aestivum* (trigo). Esta segunda palabra podía tener una función descriptiva, pero muchas veces hacía referencia a personas a las que era conveniente honrar (reyes, nobles, políticos y botánicos). Esta práctica de conmemorar individuos fue estimulada por Linneo y fue acogida por un número importante de naturalistas alrededor del mundo.

El sistema linneano no solo resultó útil para las plantas, el mismo Linneo buscó clasificar los animales e incluso los humanos en grupos con características semejantes. La propuesta de Linneo inspiró trabajos similares de clasificación en otros campos. Se buscaron sistemas de clasificación para los minerales, para las enfermedades, las estrellas, las nubes y desde luego, la química moderna, que en sus fundamentos es un complejo sistema de clasificación de los elementos que componen el mundo. El siglo XVIII, podemos argumentar, fue el siglo de la clasificación[13].

La Enciclopedia

Los grandes proyectos científicos y políticos de la Ilustración, como enciclopedias y diccionarios, grandes catálogos de plantas y animales, los museos y los jardines, los detallados y precisos mapas del mundo entero no fueron en ningún caso proyectos individuales. En el siglo XVIII se hizo evidente que el conocimiento no era un producto de individuos solitarios. Por el contrario, este era el resultado de un trabajo colectivo, de redes y asociaciones alrededor de robustas instituciones o de los grandes estados imperiales. No es entonces una coincidencia que en una época de exploración global y de una

[13] Véanse Burke, *Historia social II*, 69-73; John Pickstone, *Ways of Knowing* (Chicago: The University of Chicago Press, 2001), 60-82.

inagotable fuente de nueva información aparezcan las grandes enciclopedias[14]. La más notable de estas empresas colectivas fue la *Encyclopédie* francesa (1751-1765), a la cual muy pronto le siguieron proyectos similares, como la *Enciclopedia Británica* (1768), el *Dictionnare Raisoné des Connaissances Humaines* (1770) y la *Ecyclopédie Methodique* (1782).

Si bien no fue el único proyecto de esta naturaleza, por su alcance y obvia influencia, la *Encyclopédie* fue sin duda la más notable y merece nuestra atención. La *Encyclopédie* fue publicada por Denis Diderot y Jean-Baptiste le Rond D'Alembert con la intención de abarcar la totalidad del conocimiento humano, de tener un registro duradero del conocimiento humano que finalmente parecía triunfar sobre el error, la superstición y el dogma. Sin embargo, es más que una compilación de saberes, es una obra de consulta o referencia, un instrumento para trasformar el mundo, para construir un mejor futuro[15].

Denis Diderot (Langres, Francia, 1713-1784)

Nació en el seno de una familia de clase alta y se formó con los valores de la burguesía. Estudió leyes en la Sorbona, en París, contradiciendo los deseos de su padre, un fabricante de cuchillos, quien deseaba que Diderot fuera clérigo. Duró un mes privado de la libertad en 1749 por "libertinaje intelectual". Ese cargo se debió al tono agnóstico y escéptico de su texto *Carta sobre los ciegos para uso de los que pueden ver*. El proyecto al que dedicó más tiempo y energía fue a un encargo de Le Breton, un muy reconocido editor francés, quien le pidió dirigir (junto a D'Alembert) la *Encyclopédie*. Esta obra fue un compendio de 72 000 artículos que reunía un importante capital intelectual, escritos por académicos como Voltaire, Rousseau, Condillac, el barón de Holbach, entre otros. No obstante, el Consejo Real de París prohibió que continuara la publicación de la obra en 1752. La decisión se revocó gracias a la influencia de su amiga madame de Pompadour (amante del rey Luis XV). En 1765 culminó el proyecto y se dedicó a la escritura de otro tipo de textos, entre los cuales se destacan *Pensamientos sobre la interpretación de la naturaleza* —texto en el cual se opone a la teoría cartesiana, pues le da un papel importante al empirismo—, *La religiosa*, *Jacques el fatalista*, *El sobrino de Rameau*, entre otros. A sus sesenta años, en 1773, se desempeñó como consejero de la zarina en la corte de San Petersburgo. Murió once años después en París.

[14] Burke, *Historia social*, 221-223.
[15] Outram, *Panorama de la Ilustración*, 46.

Vale la pena citar al mismo Diderot cuando enuncia los objetivos del proyecto:

> Reunir el conocimiento disperso por todo el mundo para revelar su estructura general a nuestros contemporáneos y transmitirlo a aquellos que vengan después de nosotros, de modo que los logros de épocas pasadas no queden desapercibidos para los siglos venideros y que, al estar mejor informados, nuestros descendientes puedan al mismo tiempo hacerse más virtuosos y sentirse más satisfechos, y, por último, para no abandonar este mundo sin habernos ganado el respeto de la humanidad[16].

Jean le Rond d'Alembert (París, Francia, 1717-1783)

Matemático y filósofo. Dirigió junto con Diderot el importante proyecto francés de la *Encyclopédie*. Inicialmente realizó estudios de derecho y de medicina, los cuales no culminó. D'Alembert prefirió dedicarse a estudiar matemáticas, aunque no lo hizo en una universidad. Hacia 1741, ingresó como miembro de la Academia de Ciencias de París. Dos años después publicó uno de sus trabajos más importantes, *Tratado de dinámica*, en el que postuló principios sobre las fuerzas y el equilibrio. Hacia 1750, D'Alembert comenzó a trabajar en la *Encyclopédie*, a la cual aportó artículos sobre física, matemáticas, literatura y filosofía. En 1772 fue nombrado secretario perpetuo de la Académie Française. D'Alembert compartió varias de sus ideas con otros matemáticos reconocidos que trabajaban en París, como Joseph-Louis de Lagrange y Nicolás de Condorcet. D'Alembert murió en su ciudad natal, reconocido ya como una figura emblemática de la Ilustración.

Se trató de un proyecto con pretensiones globales y con el propósito de cambiar el curso de la historia y el futuro, no solo de Francia o de Europa sino de la humanidad. La *Encyclopédie* completa se publicó entre 1751 y 1765; constaba de diecisiete volúmenes de texto y siete de láminas, contenía más de 70000 artículos y cerca 3000 grabados, y llegó a tener múltiples reimpresiones, para 1789 ya se habían impreso cerca de 25000 copias[17]. Es evidente que la adquisición de la obra se restringía a los más pudientes de la

[16] *Ibid.*, 48-50.
[17] Burke, *Historia social*, 222- 223.

IMAGEN XX.2. *"La Academia de Ciencias, Artes y Oficios", frontispicio de la* Encyclopédie, *Diderot y D'Alambert*

FUENTE: "Encyclopedie frontispice section 256px", *Wikimedia Commons*, última modificación 24 de octubre del 2018, acceso el 26 de febrero del 2019, https://urlzs.com/LWqF.

sociedad[18]; pero a pesar de su alto costo (874 libras, el doble de los ingresos anuales de un trabajador especializado) más de 4000 personas se suscribieron. La *Enciclopedia*, como la Ilustración, encarna paradojas y contradicciones políticas y morales, y fue, de cierta manera, una obra de y para las élites en la que se expresan ideales de igualdad y libertad.

El éxito de este texto es innegable y contundente, pero no tuvo una vida fácil. Desde muy pronto, en 1752, con la aparición de los dos primeros volúmenes, la Facultad de Teología de la Sorbona los condenó a la hoguera. Como se ha señalado, el enemigo más notable del proyecto ilustrado fue la escuela escolástica, o mejor, la teología, la cual debía, de manera definitiva, dejar de ser vista como la madre de las ciencias. Como lo hemos advertido, en una época en que todavía el Estado, la monarquía y la Iglesia parecen indisolubles, era de esperarse que cualquier crítica religiosa tuviera una recepción hostil.

La imagen elegida como frontispicio de la *Encyclopédie*, la Academia de Ciencias, Artes y Oficios, tiene como figura central la Verdad, en esta oportunidad representada por una mujer desnuda, apenas cubierta con un velo que la Razón y la Filosofía intentan retirar. A la izquierda de la Verdad se

[18] Outram, *Panorama de la Ilustración*, 51.

encuentra la Imaginación que quiere coronar a la Verdad con flores. A los pies de la Verdad se encuentra la Teología. Detrás de la Filosofía aparecen la Memoria y la Historia y debajo de estas se encuentran la Geometría, la Física y la Astronomía. Debajo de la Filosofía aparecen también la Óptica, la Botánica, la Química y la Agricultura; mientras que debajo de la Imaginación se reconocen artes como la Pintura, la Escultura y la Música. En la parte inferior aparecen algunos oficios técnicos, representados por figuras masculinas.

En el centro de la imagen, justo detrás de la Verdad se abre paso entre las nubes un rayo de luz para iluminarlo todo. Una poderosa imagen de los ideales ilustrados, en la que la Razón y la Filosofía descubren la Verdad. Llama la atención el carácter femenino de la Verdad, la Razón y la Filosofía, en apariencia contraria a los ideales baconianos de una ciencia y una razón masculinas (véase la imagen XX.2.).

Capítulo XXI
COSMOPOLÍTICA Y EUROCENTRISMO

Europa y sus otros

El auge de la exploración y de los imperios europeos, como aquí se ha argumentado, supuso un crecimiento del conocimiento, pero no podemos ignorar el otro lado, menos luminoso, de esta historia. La expansión y el triunfo de la ciencia europea también favoreció la destrucción y el silenciamiento de gran parte de los conocimientos de otras latitudes. Más difícil de ponderar, el costo del triunfo de Occidente fue la pérdida de saberes que por todo el mundo fueron vistos como meras creencias o errores, y que gradualmente se eliminaron o sustituyeron por una única forma de ver y comprender. La historia de la ciencia en Occidente, como lo ha señalado Peter Burke, no solo ha sido un relato de acumulación y ganancia, sino también de diversas formas de pérdida de saberes, lo cual no podemos entender sin reconocer lo que podríamos llamar "el lado oscuro" de la Ilustración.

Hoy, la herencia de la Ilustración es objeto de tensiones. Si bien el mundo académico contemporáneo es su heredero, también parece renegar y busca tomar distancia de los ideales, para algunos nefastos, de la Ilustración. La superioridad europea —o mejor, la autopercepción europea como centro de la civilización— se justificó por mucho tiempo en términos religiosos. Aunque gradual, la Ilustración implicó un cambio: la superioridad se manifestaba en el conocimiento secular, en la posesión de una ciencia y de una tecnología superior.

La Ilustración, como hemos insistido, fue un movimiento con anhelos que carecerían de sentido si no se piensan en el marco de un proyecto cosmopolita en el que los nacionalismos convivieron con la creciente idea de unos ciudadanos del mundo que comparten principios comunes y universales. Este concepto de valores seculares universales condujo a la paradoja de una intolerancia implacable con todo aquel que no compartía aquellos principios universales. Así, la Ilustración fue también una expresión de eurocentrismo. La Ilustración tuvo como una de sus banderas, como uno de los principios fundamentales sobre los que se derivaron muchos otros, el hecho de que los seres humanos pertenecen a una misma "especie", a una sola comunidad

mundial, a una cosmópolis[1], y comparten una misma identidad. De este modo, la razón que defienden no es un punto de vista particular, es el punto de vista de todos.

Aquellas naciones más civilizadas, que no pueden ser otras que las europeas, deben ser el modelo para todas las demás. La perspectiva no era nueva y guarda similitudes con el ideal cristiano de hegemonía global. En el acápite sobre la ciencia ibérica del siglo XVI citamos al cronista Francisco López de Gómara, quien afirmó que el descubrimiento de las Indias fue el inicio del señorío del mundo de los cristianos (véase el capítulo XI) y Fray Bartolomé de las Casas ya había proclamado el ideal de todas las naciones y pueblos del mundo con los mismos derechos y libertades.

Pero, de nuevo, ¿cómo defender principios universales sin caer en la defensa de leyes divinas o naturales? Se requería entonces de una autoridad distinta, lo que algunos han llamado el sometimiento de toda la humanidad al "imperio de la razón". A la Ilustración le debemos la visión de que "la vida social y política debe estar sometida al imperio de la ley, pero no de cualquier ley, sino de una redactada y administrada por seres humanos, no por dioses, y que por eso es susceptible de cambios y alteraciones"[2].

La avalancha de nuevos conocimientos para los europeos y el contacto con culturas muy diversas generó conflictos y preguntas sobre la legitimidad de los proyectos imperiales o civilizatorios, enseñó sobre la riqueza cultural, la diversidad étnica y cultural del planeta, despertó interrogantes sobre la posibilidad de una única civilización, una historia y un futuro común para la humanidad. No obstante, es imposible negar que para los pueblos no europeos el contacto con el Viejo Mundo implicó la destrucción y, en algunos casos, desaparición de sus culturas, lenguas y creencias.

Los ideales ilustrados de un nuevo orden global, cosmopolita, tropezaron con otras visiones de vida, con una pluralidad de creencias, de prácticas religiosas y de maneras de entender la naturaleza, el cuerpo humano, la historia y el cosmos. ¿Pueden o deben los valores europeos ser el patrón universal? o ¿es deseable la pluralidad de formas de conocimiento o creencia? La pregunta es sin duda profunda y relevante para el tema central de este libro, y se trató de un cuestionamiento que formó parte de la Ilustración en el momento de mayor éxito de expansión europea. Por un lado, se presentaron idealizaciones de culturas primitivas y en algunos casos, como en Oriente, los europeos reconocieron la existencia de culturas complejas y sofisticadas. En las artes y las ciencias, la superioridad de Europa pareció incuestionable, pero en el campo de la moral y la civilidad, los chinos, por ejemplo, parecían que, además de contar con una cultura muy antigua, tenían lecciones que darle a Europa.

[1] Pagden, *La Ilustración*, 73.
[2] *Ibid.*, 444.

En este punto es útil retomar nuestra reflexión sobre los viajes de exploración. El nuevo viajero filósofo, el *voyayeur philosophe*, escribe Degérando, "que navega hasta los rincones más remotos del mundo, viaja en realidad por el sendero del tiempo. Viaja por el pasado. Cada paso suyo es un siglo anterior. Las islas que alcanza son para él la cuna de la humanidad [...]"[3]. Los viajes de exploración hicieron de lugares remotos y de otros pueblos laboratorios para estudiar al hombre, su pasado y su presente. El explorador europeo, cuando abandonó el Viejo Mundo y visitó lugares "nuevos", parecía estar viajando no solo en el espacio sino en el tiempo, y estar explorando el pasado de la humanidad. Desde Colón hasta Darwin, esta es una percepción recurrente y poderosa que supone una concepción de la historia y del tiempo con Europa como fin de la historia.

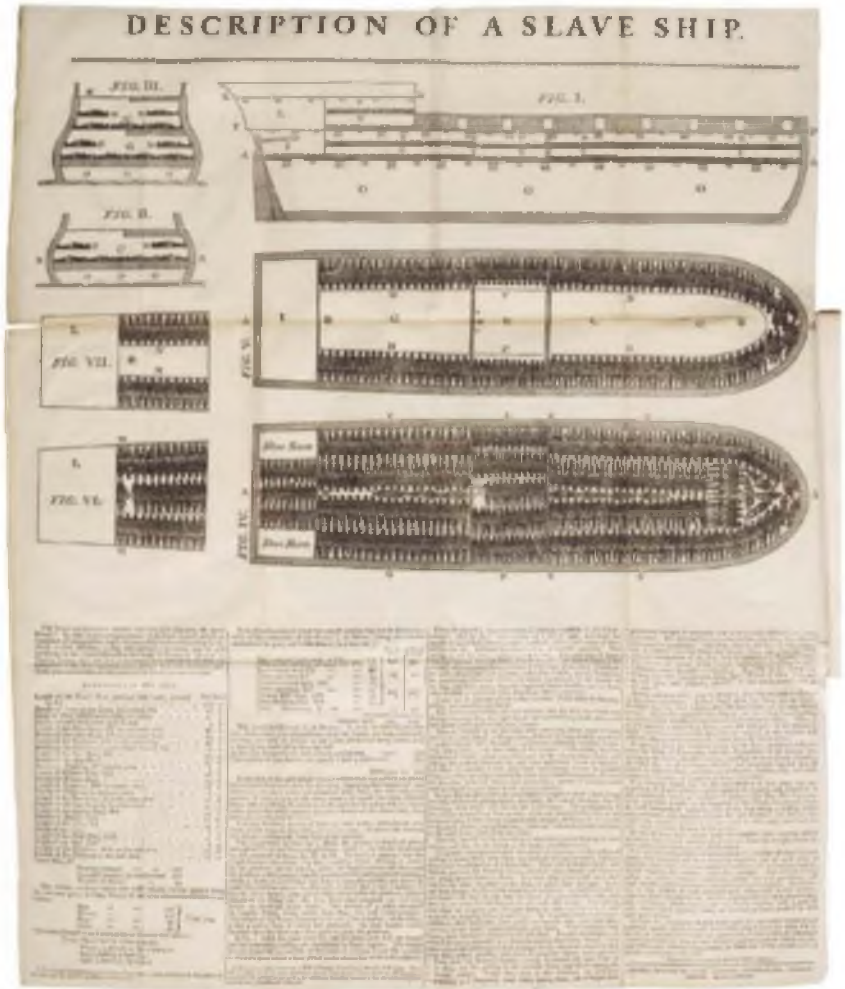
El destino de todos los pueblos es de manera inevitable el de los europeos. Diderot lo dijo sin matices. "Todos los pueblos civilizados han sido salvajes alguna vez, y, siguiendo su impulso natural, todos los pueblos salvajes serán civilizados"[4]. "No hay elección, la cultura es un viaje en una sola dirección"[5]. La civilización era para los ilustrados el verdadero fin de la humanidad, era el triunfo progresivo del hombre sobre la naturaleza, y no había vuelta atrás. La civilización podía verse como un proceso inacabado, pero de lo que no había duda era que su más alta expresión estaba en la Europa del siglo XVIII. A pesar de sus errores en el pasado y de sus falencias actuales, ningún otro pueblo en la Tierra había llegado a un grado de civilización tan alto como Europa. Así, la Ilustración del siglo XVIII se pensó como el destino a seguir de manera casi inevitable por el resto del mundo.

El marqués de Condorcet y muchos otros presentaron los logros de Europa como logros de la humanidad que deben ser imitados. "Todos los pueblos se acercarán algún día al estado de civilización que posean los más ilustrados, los más libres y los más liberados de prejuicios, como ya lo están los franceses y los angloamericanos"[6]. En su discurso pronunciado en la Academia francesa con motivo de su ingreso, Condorcet afirma:

> El sol saldrá sobre un mundo de hombres libres que no reconocerán más dueño que su propia razón, en el que los tiranos, los esclavos y el clero con sus instrumentos necios e hipócritas quedarán confinados a la historia y al teatro. Asistiremos a la victoria de la razón en una guerra larga y dolorosa y al fin podremos escribir: ¡La verdad ha vencido, la especie humana se ha salvado![7].

[3] *Ibid.*, 241.
[4] *Ibid.*, 273.
[5] *Ibid.*, 274.
[6] *Ibid.*, 34.
[7] *Ibid.*, 35.

IMAGEN XXI.1. *Plano del barco de esclavos,* Brookes *de Liverpool, 1789*



FUENTE: "Description of a Slave Ship, 1789", *Wikimedia Commons*, última modificación 16 de enero del 2017, acceso el 26 de febrero del 2019, https://goo.gl/29xZbT.

Verdad y salvación de la humanidad no son ideas extrañas para los cristianos, las vimos ya como fundamentos de la teología. Para los ilustrados, el comercio, en particular el comercio global, fue la mejor expresión de un mundo cosmopolita y se consideraba la etapa final de la evolución social de los hombres. La manifestación más importante del comercio global, de la circulación intercontinental de personas y el encuentro de culturas que tuvo lugar en el período de la Ilustración fue, de manera lamentable, el comercio de seres humanos. En el siglo XVIII, el comercio de esclavos forzó el desplazamiento de millones de personas desde la costa oeste de África a las colonias americanas como fuerza de trabajo. Ello, desde luego, implicó separar a todas estas personas de sus tierras y de sus costumbres, quienes pasaron a vivir y trabajar en condiciones de brutales abusos. Es entonces una innegable y triste verdad que una de las fuerzas globalizadoras más poderosas de la "edad de la razón" fue el comercio de esclavos[8]. La ya muy comentada imagen del interior de un barco para el transporte de esclavos sigue siendo una imagen poderosa del horror de un lucrativo negocio de grandes proporciones. Los beneficios comerciales eran más grandes que los ideales de justicia y, a pesar de las denuncias sobre la crueldad de este comercio, la abolición de la esclavitud se lograría después de casi un siglo de contiendas políticas y jurídicas, y solo bien entrado el siglo XIX se hizo ilegal el comercio de personas (en 1834 en las colonias británicas, en 1865 en Estados Unidos y en 1888 en Brasil).

En torno a la esclavitud se generaron teorías sobre las razas. Tanto los africanos como los nativos americanos fueron vistos como razas inferiores a lo largo del siglo XVIII. De manera natural se justificaba entonces, o bien su esclavización o bien su civilización. En la obra de Montesquieu, *Del espíritu de las leyes*, encontramos la siguiente reflexión sobre los afrodescendientes y la esclavitud:

> Y tienen unas narices tan planas que es imposible sentir lástima por ellos. A uno no le puede entrar en la cabeza que Dios, que es un ser sabio, pusiera un alma, y mucho menos un alma buena, en un cuerpo enteramente negro. Es imposible que asumamos que estas gentes son hombres porque, si asumiésemos que lo son, empezaríamos a creer que nosotros mismos no somos cristianos.

Y no siendo esto suficiente afirmó: "Prueba de que los negros no tienen sentido común es que hacen más caso de un collar de vidrio, que el oro, el cual goza de gran consideración en las naciones civilizadas"[9]. Apreciaciones tan grotescas sobre los afrodescendientes de uno de los más emblemáticos pensadores del Siglo de las Luces han sido interpretadas como irónicas, pero lo cierto es que al igual que Buffon, Montesquieu defendió teorías sobre el

[8] Outram, *Panorama de la Ilustración*, 139.
[9] *Ibid.*, 163.

influjo del clima en los seres vivos, que explicaba las características de las personas que venían de África como una consecuencia de su clima.

La idea de un mundo compuesto por cuatro grandes continentes se ve representada con frecuencia en bastantes pinturas y tratados del siglo XVIII, en estos, la visión europea de sus *otros* está muy lejos de ser simétrica, siendo evidente que en el debate sobre las diferencias entre la naturaleza y los pueblos del mundo conocido se impone una visión jerarquizada, en la cual predomina la idea de la superioridad europea.

La superioridad europea: Buffon y Hegel

Los debates sobre el "Nuevo Mundo", sobre la naturaleza y los pueblos americanos, son una referencia útil en nuestro intento por entender la Europa del siglo XVIII. La idea de un Nuevo Mundo, joven, inferior e incluso degenerado tuvo, entre muchos expositores, un defensor muy poderoso: Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon. A mediados del siglo XVIII Buffon desempeñó un papel protagónico en el mundo de la historia natural europea y americana. Desde 1739 ocupó el cargo de *intendant* y estuvo al mando del Jardin du Roi de París, institución que alcanzó su mayor esplendor bajo su dirección.

Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (Montbard, Francia, 1707-1788)

Naturalista, botánico, matemático y astrónomo. Su padre fue un alto funcionario público. Muy joven, entró a la Universidad de Dijon, donde realizó estudios de derecho. Tiempo después, viajó a Angers, para adelantar estudios de matemáticas, botánica y medicina. Más tarde realizó un viaje por diferentes ciudades de Francia, Inglaterra e Italia, para continuar sus estudios en estas disciplinas. De nuevo en Francia, fue elegido miembro de la Academia de Ciencias Francesa. En 1739 asumió el cargo de administrador de los Reales Jardines Botánicos de París. Allí comenzó un trabajo monumental sobre clasificación y creación de catálogos de diferentes tipos de plantas y animales de todo el mundo. Así llevó a cabo su obra más destacada: *Histoire naturelle, générale et particulière*, un amplio catálogo, principalmente de animales, con descripciones e ilustraciones detalladas. Además de este trabajo de historia natural, Buffon también escribió, entre otros *Historia y teoría de la Tierra*, que se publicó en 1744, y *Les époques de la nature*, donde combina estudios que hoy se podrían enmarcar en los campos de la geografía, la geología, la biología y la astronomía. Buffon murió en París el 16 de abril de 1788.

Como director del Jardin du Roi, Buffon tuvo amplio acceso a información sobre el mundo natural como muy pocos hombres la tuvieron. Viajeros, naturalistas y diversas instituciones francesas y extranjeras mantenían una amplia comunicación con el Jardin du Roi. Luis XV le otorgó a Buffon el título de conde, y más tarde fue aceptado como miembro de la Académie Royale des Sciences, de la Académie Française, de la Real Sociedad de Londres y de las academias de Berlín y San Petersburgo[10], hechos que ayudan a entender el éxito de su obra y su enorme reputación como autor.

La *Historia natural* de Buffon es una obra monumental de 36 volúmenes, la cual lo convirtió en un reputado autor en Europa y América. En el siglo XIX aparecieron más de diez ediciones de sus obras, así como traducciones al inglés, alemán, italiano y español, y sus libros fueron ejemplares imprescindibles en cualquier biblioteca pública o privada. Buffon fue entonces una de las grandes figuras de la literatura francesa y uno de los autores más leídos del siglo XVIII[11]. No tiene caso que intentemos aquí presentar la totalidad de su obra y centraremos entonces nuestra atención en sus ideas sobre la naturaleza del Nuevo Mundo.

El continente americano fue un claro interés para Buffon y sus opiniones sobre la naturaleza americana fueron un referente inevitable de los naturalistas del mundo entero. Buffon recopiló toda clase de evidencia para mostrar que América del Sur tenía una fauna distinta a la de Europa, Asia y América del Norte. Uno de los temas centrales de su obra fue precisamente las diferencias que existen entre las especies del continente americano y las del Viejo Mundo. Las criaturas americanas eran distintas y en muchos casos inferiores, como consecuencia de su clima húmedo que tenía un efecto degenerativo. Es decir, para el naturalista francés, la humedad del clima restaba vigor y empequeñecía a los seres vivos.

De esta manera se explican las diferencias entre la fauna y la flora de los distintos continentes. Los animales del Nuevo Mundo eran inferiores, lo cual se hacía visible en su tamaño, entre otras características. Los "leones del Nuevo Mundo" no eran de ninguna manera el mismo rey de los animales conocido en el Viejo Mundo[12]. No había elefantes en América y no se encontraba ningún animal similar en su tamaño ni en su forma; el único que se le podía comparar era el tapir brasileño que, con ironía, Buffon llama el "elefante del Nuevo Mundo" y que, según su descripción, no llegaba al tamaño de un ternero de seis meses o de una mula muy pequeña. Así mismo, no existían

[10] Para una biografía completa de Buffon véase Jaques Roger, *Buffon: Un philosophe au Jardin du Roi* (París: Fayard, 1989).

[11] Al respecto véase George Rousseau, "Los libros científicos y sus lectores en el siglo XVIII", en Alberto Elena y Javier Ordóñez, *La ciencia y su público: Perspectivas históricas* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988), 147-224.

[12] Antonello Gerbi, *La disputa del Nuevo Mundo*, traducido por Antonio Alatorre (Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1960), 7.

jirafas, camellos, hipopótamos ni rinocerontes en América y sus bestias más grandes eran más pequeñas que las europeas. En la obra de Buffon se reconoce una admiración por animales corpulentos como el extinto mamut[13]. Él mismo fue un hombre robusto y parece haber encontrado en el tamaño una clara señal de superioridad y de estabilidad. También el número de animales cuadrúpedos era inferior en el Nuevo Mundo con respecto al de Europa, de manera que la naturaleza era vista como si fuera menos rica, menos activa y menos fuerte[14].

Las opiniones del naturalista francés sobre los seres humanos, sobre los nativos americanos, fueron el resultado de reflexiones similares. Al respecto dijo:

> El salvaje es dócil y sus órganos reproductivos son pequeños, no tiene bello ni barba, no tiene deseos por su hembra; aunque más ligero que el Europeo por su costumbre de correr, es sin embargo menos fuerte; es también menos sensible y sin embargo más miedoso y más perezoso. No presenta vivacidad alguna, ninguna actividad del alma; la actividad corporal no es un movimiento voluntario, es una mera respuesta a la necesidad; si le quitamos el hambre y la sed, se destruirá el motivo de sus movimientos, y se mantendría en reposo durante días enteros[15].

Dicha caracterización del "salvaje" nos permite entender mejor la dicotomía ilustrada entre el imperio del hombre y el imperio de la naturaleza. El hombre, para Buffon, es el maestro de la naturaleza; la única criatura que puede proclamar su dominio, ya que por la senda del conocimiento la supremacía humana puede ser absoluta. Sin embargo, no todos los hombres están en capacidad de controlar la naturaleza de la misma manera. El "salvaje" ha permanecido bajo el dominio de la naturaleza, no tiene la capacidad de dominarla y forma parte de ella como cualquier animal; carece del poder de la razón y de las artes. Es decir, no cuenta con aquellos rasgos que les han permitido a los hombres "civilizados" comprender y liberarse de la naturaleza.

El apelativo de inmadurez o decadencia para referirse a la naturaleza americana equivale a proclamar la madurez y perfección del Viejo Mundo, y este se presenta como patrón y punto de referencia para observar el planeta entero. Tal y como lo presenta Antonello Gerbi, la obra de Buffon es una clara afirmación del eurocentrismo en las ciencias de la naturaleza. No es una coincidencia que esto ocurra en el momento en que la idea de Europa se está consolidando como centro y como punto de referencia del conocimiento del globo entero. Una de las diferencias esenciales entre Europa y "los otros" estuvo en el lenguaje. Las lenguas no europeas, las "salvajes", carecían de los

[13] *Ibid.*, 22.
[14] *Ibid.*, 8.
[15] *Ibid.*, 10.

conceptos fundamentales para construir la civilización. Charles de la Condamine afirmaba que las lenguas de los americanos "carecen de términos para expresar ideas abstractas y universales, prueba evidente del escaso desarrollo espiritual de aquellas gentes [...]. No disponen de términos que correspondan a *virtud*, *justicia*, *libertad*, *agradecimiento*, *ingratitud*"[16].

Para Antonio de Ulloa, "el lenguaje quechua de los incas se aproxima más al lenguaje de los niños"[17]. Al parecer, los nativos no comprendían las palabras y los conocimientos propios de cualquier "sociedad civilizada" como *Dios*, *virginidad* o *inmaculada concepción*. Los indígenas americanos tenían innumerables nombres para las plantas, pero no una única palabra que se pudiera traducir como "árbol"[18]. Dicha carencia conceptual de las lenguas nativas justificaría que fueran los europeos los únicos legítimos portavoces del conocimiento y del verdadero orden natural.

Entonces, la idea de una América impúber y de sus decrépitos habitantes la comparten comentaristas de diversa índole; pero las tesis de la inferioridad del hombre americano tendrá su más ferviente y conocido expositor en De Pauw. Mientras Buffon se había referido a la naturaleza en su conjunto y a la fauna en particular, el centro de las reflexiones de De Pauw estuvo en los nativos "salvajes", que para él eran criaturas degeneradas. En su obra *Recherches philosophiques sur les Américains, ou mémoires intéressants pour servir a l'histoire de l'espece humaine*, publicada en Berlín en 1768, vemos con claridad la concepción de una América decadente que tiene el autor.

De Pauw, como la mayoría de los notables hombres de letras del siglo XVIII, es un defensor de la idea de *progreso* en términos de alcanzar niveles de civilización como los que han logrado algunos pueblos de Europa. Para De Pauw, el hombre no se perfecciona sino en sociedad; por sí mismo, en "estado natural", es incapaz de progresar. Esta mirada de De Pauw contrasta con las idealizaciones del Nuevo Mundo y con la noción del "buen salvaje", alimentadas por autores como Pedro Mártir de Anglería (1457-1526), Michel de Montaigne (1533-1592) o Jean-Jacques Rousseau (1712-1778). No hay entonces hombres virtuosos en estado natural como podrían ser los personajes de la literatura de viajes como *Robinson Crusoe* (1719) de Daniel Defoe, o *Paulo y Virginia* (1788) de Bernardin de Saint Pierre.

Una de las posiciones más interesantes desarrolladas por De Pauw, ya esbozada por Gonzalo Fernández de Oviedo, presente en la obra de Buffon y aplicada por Hume al continente americano, es la posibilidad de atenuar o evitar estas nefastas consecuencias del clima sobre la vida. Es decir, el hombre, con su arte y su conocimiento de la naturaleza, puede imponer su dominio sobre esta. El cultivo de la tierra, la regulación de los ríos, la cría de los

[16] Citado en Pagden, *La Ilustración*, 258.
[17] Antonio de Ulloa, citado en Pagden, *European Encounters*, 132.
[18] *Ibid.*, 132.

animales, la desecación de las aguas estancadas, entre otras acciones humanas, modifican las condiciones de salubridad, transformando incluso el clima de una zona determinada. De Pauw sostiene que el clima americano degenera a los europeos, pero admite que se trata de un efecto reversible. La naturaleza puede ser controlada y en América algún día florecerán las artes y las ciencias, primero en el norte y más tarde en el sur, según este autor, porque los colonos ingleses se han dedicado a cultivar la tierra, mientras que los españoles y portugueses, que poseen las mejores provincias del continente, se han contagiado de la pereza de los nativos[19].

Buffon y De Pauw no fueron los primeros ni los únicos en promulgar estas ideas. Fueron muchos los autores que durante la Ilustración compartieron tesis sobre la inferioridad de los habitantes de otras latitudes. Una de las explicaciones filosóficas e históricas más contundentes sobre la superioridad europea la encontramos en la obra de Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831). En el capítulo sobre los fundamentos geográficos de la historia universal y en el acápite sobre el Nuevo Mundo de las *Lecciones sobre la filosofía de la historia universal*, Hegel fue enfático en su concepción de América como un continente inferior, débil e inmaduro: "América se ha revelado siempre y sigue revelándose impotente en lo físico como en lo espiritual. Los indígenas, desde el desembarco de los europeos, han ido pereciendo al soplo de la actividad europea"[20].

Para este autor los americanos "viven como niños, que se limitan a existir, lejos de todo lo que signifique pensamientos y fines elevados"[21], carecen de cultura y viven bajo el dominio de la naturaleza, son pueblos "que perecen cuando entran en contacto con pueblos de cultura superior"[22]. Una primera apreciación de Hegel sobre los salvajes puede tener un sentido rousseauniano, en tanto supone que el hombre que vive en un contacto íntimo con la naturaleza percibe en ella el espíritu de Dios. Como los organismos más elementales viven en una simbiosis más estrecha con el medio, los pueblos más primitivos, menos evolucionados en la libertad espiritual, mantienen una comunión más estrecha con la naturaleza.

Al igual que para Buffon o De Pauw, para Hegel la existencia de distintas razas tiene una explicación en relación con el medio en que existen y los americanos tienen un destino que corresponde a la naturaleza de su continente. La libertad es una propiedad del europeo, así que cualquier manifestación de ideales de libertad en América tendría que provenir de Europa[23]. Por su lado, los aborígenes americanos son una raza débil, en proceso de

[19] *Ibid.*, 117.

[20] Georg Hegel, *Lecciones sobre la filosofía de la historia universal* (Madrid: Alianza Editorial, 2004), 171.

[21] *Ibid.*, 172.

[22] *Ibid.*, 171.

[23] *Ibid.*, 173.

desaparición. Esto quiere decir que América no es parte de la historia y solo podría serlo en la medida en que tenga contacto con la cultura europea, hasta el extremo de estar convencido de que todo lo que sucede, o está por suceder en América, tendrá su origen en Europa. Con opiniones afines podríamos citar páginas de referencias similares de otros autores del siglo XVIII[24].

En lo que se ha presentado como la otra cara de la moneda, la mirada amable de América, encontramos autores que parecen tener una visión positiva y en algunos casos idealizada de la naturaleza y de los nativos americanos. Este es el caso de Jacques-Henri Bernardin de Saint Pierre (1737-1814), viajero y escritor de relatos de viaje, que ingresó al mundo literario sin mucho éxito, con *Voyage à l'île de France* (1773).

El autor de mayor importancia en la reivindicación del Nuevo Mundo, el más notable de los "defensores" europeos de América en el siglo XIX, fue Alexander von Humboldt. En sus escritos encontramos una mirada del Nuevo Mundo que busca revindicar la dignidad de la naturaleza y los pueblos no europeos. En lo que sigue nos ocuparemos de algunos aspectos de su obra, no tanto para celebrar su "americanismo" o para contradecir a Buffon o a Hegel, sino porque su obra es otro referente clave para entender la Ilustración europea.

Cosmos: Alexander von Humboldt y la idea de orden global

Las preocupaciones geográficas de Humboldt tuvieron sus antecedentes en los autores alemanes de la segunda mitad del siglo XVIII que lideraron el estudio académico de la geografía. Como hemos señalado, Kant fue uno de los autores más representativos de la Ilustración, y no nos debe sorprender su interés por la geografía física. Así, sus planteamientos en este tema pueden ser una apropiada introducción a los propósitos científicos de Humboldt.

Para Kant resultaba artificial la organización de objetos en taxonomías de acuerdo con algunas características particulares, como era el caso del sistema de clasificación de plantas y animales del naturalista sueco Carlos Linneo. Estas clasificaciones carecían de la idea de un todo y, por lo mismo, la geografía física fue determinante para tener una noción de conjunto en términos de lugar. Un sistema de la naturaleza satisfactorio solo era posible una vez que se tuviera una visión geográfica general que diera cuenta de los fenómenos y no de listados o secuencias, que no permitían apreciar la unidad de la naturaleza. De manera que, siguiendo a Kant, los geógrafos alemanes asumieron la existencia de una interrelación entre todos los fenómenos individuales de la superficie de la Tierra, una unidad de la naturaleza

[24] Para una discusión amplia sobre la visión europea de América en la Ilustración véase Clarence Glacken, *Huellas en la playa de Rodas* (Barcelona: Ediciones del Serbal, 1996).

que no era visible en su totalidad por medio de las características físicas de los individuos observados de forma independiente. Así, las nociones de unidad y orden se mantuvieron como principios tanto epistemológicos como estéticos.

Ya cercanos a suspender nuestro recorrido por la historia de la verdad en Occidente, volvemos a encontrar la idea de cosmos, con la cual empezamos en la antigua Grecia. Este nuevo cosmos que produce la Ilustración europea, más que un modelo filosófico, una simple pintura o modelos del universo como el que describimos en Platón o Aristóteles, es el resultado de múltiples prácticas que hicieron posible sumar y articular una enorme cantidad de información dentro de marcos de referencia comunes. Lo vimos en la conformación de grandes centros de acopio (museos y jardines), al igual que en la emergencia de sistemas de clasificación y colosales empresas enciclopédicas. En ese sentido, Humboldt fue un digno heredero y una fiel expresión de la Ilustración europea.

Si bien en la obra de Humboldt encontramos claros elementos románticos y una evidente preocupación estética, esto no se opuso a su afán por el uso de instrumentos, la recolección de datos precisos y la urgencia de funda-

Alexander von Humboldt (Berlín, 1769-1859)

Naturalista, geógrafo y astrónomo. Su padre fue un oficial militar al servicio de Federico II de Prusia. Después de tener una educación personalizada durante sus primeros años, realizó estudios en la Escuela de Minas de Friburgo. Hacia 1799 emprendió una expedición de cinco años por América, en la cual, con ayuda de naturalistas europeos y criollos, así como de nativos, recolectó información sobre plantas, animales, minerales y la geografía de este continente. Humboldt estuvo en los virreinatos de Nueva Granada, el Perú, Nueva España, Cuba y Estados Unidos. Tanto en América como en Europa tuvo oportunidad de intercambiar ideas con reconocidas personalidades, como el poeta Johann von Goethe, el botánico francés Aimé Bonpland, el botánico y médico José Celestino Mutis, el criollo Francisco José de Caldas, el militar Simón Bolívar, el presidente Thomas Jefferson, entre otros. Una de sus importantes obras sobre América fue *Le voyage aux régions equinoxiales du Nouveau Continent*, publicada en París en 1807. Humboldt hizo un estudio extenso de la geografía del continente americano, y escribió sobre la economía y la política de Cuba y Nueva España. Su gran obra, *Kosmos*, se publicó en volúmenes entre 1845 y 1862 (los últimos de manera póstuma). Humboldt murió en su ciudad natal a los 89 años.

mentar la ciencia en cuidadosas observaciones. Por el contrario, se trata de elementos complementarios e inseparables de su obra y de las ciencias naturales de su tiempo. De hecho, es la precisión y la suma de observaciones cuantitativas lo que permite representar el orden y apreciar la unidad de la naturaleza.

Su obra no sería posible sin una amplia acumulación de mediciones y datos recopilados en su viaje, muchos de ellos hechos por él mismo con sofisticados instrumentos. El barómetro, el termómetro y los distintos instrumentos con que contaba un hombre de ciencia de finales del siglo XVIII fueron esenciales para la empresa humboldtiana de comprender la naturaleza dentro de marcos de referencia "universales", los cuales formaban parte de una nueva manera de observar, de una sensibilidad y una estética propia de las ciencias naturales de la Ilustración.

Los instrumentos, materiales y las herramientas conceptuales que poseía Humboldt le permitieron hacer de su viaje por los Andes un medio para la colección de experiencias sistemáticas y ordenadas; de tal manera que las cordilleras americanas se transformaron en un gran laboratorio en el cual fue posible combinar una cantidad de información y de experiencias que el naturalista, en su gabinete de historia natural, el químico en su laboratorio o el astrónomo en su observatorio no podrían tener. El explorador bien equipado tenía una mirada, una experiencia y una forma de conocimiento privilegiadas.

El viaje de Humboldt es una muestra de lo que podríamos llamar los laboratorios móviles que, con sofisticados instrumentos y formas de observación y medición, transportaban la ciencia europea a América. En su obra *Ensayo sobre la geografía de las plantas* es evidente el papel que desempeñaron los instrumentos de medición: "Esta escala de temperatura cuya construcción es muy difícil, se ha formado teniendo a la vista muchos millares de observaciones hechas con el barómetro, termómetro, girómetro, eudiómetro, electrómetro, cyanómetro [...] hechas de hora en hora por espacio de cuatro años"[25].

Un problema esencial para un explorador ilustrado es el de la calibración y la coordinación de instrumentos similares para que puedan hablar el mismo lenguaje, compartir las mismas normas de observación y así poder comunicarse a distancia. El orden natural solo era visible en la estabilidad y homogeneidad que ofrecían observaciones hechas con instrumentos que son al mismo tiempo portátiles y estables. Los instrumentos movilizaban el mundo, transformaban cualquier lugar del planeta en laboratorio y hacían de la experiencia y la observación un experimento controlado.

[25] Alexander von Humboldt, *Geografía de las plantas* (Madrid: Archivo Real Jardín Botánico de Madrid), div. III, 4, 11, 44, 155.

IMAGEN XXI.2. *Frontispicio del* Atlas géographique et physique du Nouveau Continent, *Barthélemy Roger, inspirado en François Gérard, 1817*

FUENTE: Alexander von Humboldt, *Atlas géographique et physique des régions équinoxiales du nouveau continent* (Paris: F. Schoell, 1814). Beinecke Rare Book and Manuscript Library, Yale University.

La imagen elegida por Humboldt como portada de su gran *Atlas géographique et physique du Nouveau Continent*, al igual que el texto de esta obra, resultan útiles para exaltar el americanismo humboldtiano. La pintura parece celebrar un encuentro amigable y respetuoso entre el Viejo y el Nuevo Mundo; en el cual, de hecho, se ensalza la incorporación a la civilización de América y sus culturas aborígenes. Teniendo como fondo en el paisaje la inmensidad del Chimborazo, aparecen Hermes-Mercurio (dios del comercio y mensajero de los dioses) y Atenea-Minerva (diosa de la sabiduría y de las artes), quienes representan la civilización europea.

La imagen se presta para una lectura distinta, que podría ayudar a ver otra cara del americanismo humboldtiano, en la cual la inclusión de América como parte del mundo europeo es una contundente expresión de eurocentrismo. Estas deidades parecen mirar con compasión, y tal vez con lástima, a una América triste, abnegada y humilde, que se levanta de la mano de Mercurio. Europa, la cultura, el arte y el conocimiento ayudan a América a recuperar

su dignidad y ponerse de pie. Al lado de la figura que presenta a América (un príncipe azteca que lleva una túnica y una corona que es muestra de nobleza) son visibles los restos de una civilización perdida. Por un lado, se ve la estatua de una sacerdotisa azteca y, por el otro, las armas en el suelo de un guerrero alguna vez derrotado. Minerva lleva en su mano un ramo de olivo que parece entregar a América como símbolo de paz. América fue vencida, pero es ahora guiada por la mano sabia y generosa de sus conquistadores. Así, el nuevo continente podría formar parte del mundo civilizado. En el fondo son visibles un cactus, algunas palmeras y una pirámide. No solo la naturaleza, sino la población americana, sin la necesidad de la brutalidad de los conquistadores, era dominada por la razón.

En la parte inferior se leen las palabras "Humanitas, Litterae, Fruges", que el mismo Humboldt relacionó con la idea —ya expresada antes por Plinio Segundo— de que los griegos les han heredado a los demás pueblos la civilización, las letras y el trigo. Así, los dioses griegos y romanos representan la riqueza y la superioridad de Europa; la cultura que entonces era llevada al Nuevo Mundo por los europeos ilustrados. La imagen está acompañada por la leyenda: "L'Amerique relevée de sa ruine par le commerce et par l'industrie". Si bien esta imagen ha sido interpretada en ocasiones como una muestra de la simpatía de Humboldt por el Nuevo Mundo y expresa su deseo de integración respetuosa de los pueblos, es, al mismo tiempo, una potente celebración de los valores de la Ilustración, de un sueño cosmopolita centrado en Europa.

Positivismo y eurocentrismo

La diversidad cultural que hizo evidente la exploración del globo en el siglo XVIII quedó atrapada en una paradoja al parecer sin solución. Por un lado, encontramos la idealización literaria de ciertas poblaciones indígenas y las búsquedas políticas de igualdad y justicia globales. Ejemplo de esto es el caso de Rousseau, quien en su *Discurso sobre la desigualdad* señaló con claridad que el colonialismo y la desigualdad que este supone era un gran obstáculo para el proyecto ilustrado de una única y gran cultura cosmopolita de hombres libres. De manera similar y contundente, el pensador alemán Johann Gottfried Herder criticó el colonialismo. Pero, por otro lado, como lo hemos visto, encontramos un claro interés europeo por tomar posesión y dominar el mundo entero, así como por imponer sus valores y verdades al resto del planeta.

En un sentido general, el eurocentrismo se refirió a creencias ampliamente compartidas por pueblos europeos y euroamericanos y que adquirieron un grado de formalización mayor en el siglo XIX. Dichas creencias giraron en torno a la idea de que sus tierras habían sido los sitios del "genuino desarrollo histórico" y, por lo tanto, de que sus experiencias constituían un estándar

frente al cual era posible medir el desarrollo de otras sociedades. Así, Europa y los supuestos culturales europeos fueron construidos y asumidos como sinónimos de lo normal, lo natural y lo universal.

Esta confianza europea en la idea de progreso y en la ciencia moderna tuvo una clara expresión en el positivismo del siglo XIX y en pensadores como Auguste Comte (1798-1857). En su *Discurso sobre el espíritu positivo*, publicado en 1844, Comte expone su "ley de los tres estados" en la cual defiende una concepción de la historia humana lineal y progresiva que supone el paso necesario por tres fases consecutivas: una primera etapa llamada teológica o ficticia, en la cual las explicaciones humanas se basan en falsas creencias religiosas; una segunda, llamada metafísica o abstracta, en la cual las respuestas humanas toman distancia de entidades divinas, pero mantiene explicaciones abstractas y metafísicas; finalmente, una tercera fase, positiva o científica, en la cual la humanidad llega a su madurez y solo acepta explicaciones científicas, es decir, basadas en la experiencia y en la lógica. Esta tercera etapa es un logro de Europa occidental, que se identifica con la idea de una ciencia moderna con fundamentos filosóficos cercanos al empirismo de Francis Bacon. Este "espíritu positivo" es sin duda afín a los ideales ilustrados franceses de un mundo cosmopolita, y para Comte es necesario que todos los pueblos de la Tierra busquen esa última y superior condición dominada por una racionalidad que es a la vez europea y universal. Para el positivismo no hay más que un método científico aplicable a cualquier campo del conocimiento, y Comte propone la creación de una nueva ciencia empírica que se ocupe de estudiar la sociedad. La sociología, al igual que la física o cualquier ciencia natural, debe limitarse al conocimiento de aquello que puede ser objeto de verificación empírica.

Auguste Comte (1798-1857)

Filósofo francés de enorme influencia sobre la filosofía y la política del siglo XIX, se le ha considerado el padre del positivismo y de la sociología. Ente sus principales obras está su *Curso de filosofía positiva* (1830-1842) y su *Discurso sobre el espíritu positivo* (*Discours sur l'esprit positif*), de 1844.

Fiel heredero de la filosofía de Francis Bacon y de los ideales de la ilustración, la filosofía "positivista" de Comte defiende que el conocimiento solo es posible por medio del análisis lógico de datos empíricos, tomando distancia de cualquier filosofía abstracta basada en conceptos *a priori* o metafísicos. Su pensamiento se produjo en el contexto de la Ilustración y la Revolución Industrial y lo "positivo" tiene como características el ser preciso, cierto y útil. Cercano a los ideales de una ciencia

newtoniana, para el pensador francés tanto las ciencias naturales como las ciencias de lo social tienen como fin el conocimiento de leyes universales.

Conocido por su ley de los tres estados, Comte asume que la humanidad ha pasado y debe pasar por tres etapas consecutivas y progresivas. En la primera, los hombres buscan respuestas de tipo religioso e irracional, en la segunda se abandona la explicación teológica, pero subsiste una filosofía basada en nociones abstractas y metafísicas, para finalmente llegar a una última etapa en la cual el hombre encuentra explicaciones racionales basadas en la experiencia.

El uso del término *eurocentrismo* podría ser problemático si se considera que Europa es un actor discreto y homogéneo, pues resulta evidente que dentro de lo que se entiende por Europa nos encontramos con una diversidad cultural notable, con periferias y centros geográficos, culturales y económicos. Sin embargo, de lo que se trata es precisamente de aprender sobre el proceso de construcción de la idea de una Europa homogénea, de la consolidación de "Occidente" como una entidad geográfica y cultural. Una perspectiva interesante alrededor de este problema es la que ofrece Arif Dirlik, quien nos recuerda que el verdadero poder de una mirada eurocéntrica no está en la exclusión de "los otros", sino, por el contrario, en su inclusión, en la inscripción del mundo entero dentro de un orden y un único sistema[26].

La visión crítica de la Ilustración tuvo sus raíces en la propia Ilustración, que como hemos hecho evidente no podemos reducir a un movimiento intelectual o cultural homogéneo. Podemos reconocer la enorme diversidad y agitación filosófica del siglo XVIII, pero lo que resulta innegable es que el sueño baconiano de control humano sobre la naturaleza y de hacer de la ciencia un instrumento de poder se hizo realidad en la conquista del planeta y de la naturaleza a escala global, al igual que en la consolidación del conocimiento que definió un nuevo orden global. La geografía, la medicina, la historia natural, el estudio de los distintos habitantes de la Tierra son prácticas que facilitaron la consolidación de un orden europeo del mundo, proceso que se extendió desde el "descubrimiento" hasta el siglo XIX.

No son pocas las voces que, también desde muy temprano, señalaron los riesgos o el fracaso de la Ilustración. De manera notable, en el siglo XX, Theodor Adorno y Max Horkheimer, en su *Dialéctica de la Ilustración*, quisieron mostrar y denunciar el lado oscuro y político de este proceso. "Lo que los hombres quieren saber de la naturaleza es cómo usarla con el fin de dominarla

[26] Dirlik, "History without a center? Reflections on Eurocentrism", en Fuchs y Stuchtey, *Across Cultural Borders*, 252.

y poder también dominar a otros hombres"[27]. En su muy comentado trabajo, Adorno y Horkheimer denunciaron el fracaso del proyecto ilustrado de liberación, cuya consecuencia fue el triunfo de la hegemonía de una razón occidental al servicio del dominio. La razón, que tenía el objetivo de liberar a la humanidad de toda posible tiranía, parecía convertirse en expresión de una tiranía específicamente europea. En términos distintos, pero con un impacto aún mayor sobre la ciencias sociales de hoy, Michel Foucault hizo evidente esta relación entre la ciencia europea y la política. Sin duda, Bacon tenía razón: el conocimiento es poder, tanto para la liberación de los hombres, como para su control y dominación.

Como ha ocurrido con la idea misma de ciencia, sobre la Ilustración encontramos miradas polarizadas: algunas veces muy positivas e idealizadas, como la fuente de los más sublimes ideales de la humanidad; otras veces, como el origen de los más grandes crímenes. No tiene caso aquí sumarse a estas visiones antagónicas ni asumir juicios morales sobre un periodo histórico tan complejo, como tampoco sobre la ciencia occidental. Para evadir posiciones polarizadas frente al papel de la ciencia en la sociedad, Trevor Pinch y Harry Collins recurren a la metáfora del Golem, la cual puede ser de utilidad al cierre de esta historia.

En la tradición judía medieval se hace referencia al Golem como una criatura hecha por el hombre, una especie de autómata de gran fuerza y poder que lleva escrita en su frente la inscripción hebrea *Emeth* (verdad). La verdad parece ser el móvil de dicha creación, pero lejos de poseer la verdad, el Golem es una creación humana cuyo poder aumenta sin control humano y, por lo tanto, encarna peligro para sus propios creadores. El Golem no es ni bueno ni malo, pero, no hay duda, es muy poderoso.

[27] "What men want to learn from nature is how to use it in order wholly to dominate it and other men". Theodor Adorno y Max Horkheimer, *Dialectic of Enlightenment*, traducido por John Cumming (Londres y Nueva York: Verso, 1992), 4. Traducción propia.

REFLEXIONES FINALES

Este atrevido ejercicio de contar la historia de la verdad en Occidente nos deja algunas lecciones y temas de reflexión que, si bien los hemos tratado en los distintos capítulos, vale la pena recoger e intentar ordenar en este último apartado. La verdad, procuramos mostrar, tiene historia. Lejos de ser una, única e inmutable, la verdad está en permanente proceso de cambio. Dichos cambios son el resultado de complejas prácticas sociales y, por lo mismo, la historia y otras ramas de las ciencias sociales, como la sociología, la filosofía, la antropología o la geografía nos pueden ayudar a entender por qué ciertas formas de comprender y representar la realidad triunfan sobre otras en momentos y lugares específicos.

La historia de la verdad en Occidente, sobra decir, no termina con la Ilustración europea. Con los siglos XIX y XX vinieron cambios importantes; por ejemplo, el éxito del darwinismo fue un radical golpe a la concepción teleológica de la naturaleza que había sido central en toda la historia de la filosofía occidental. En el siglo XX la física newtoniana dejó ver sus limitaciones con la emergencia de la física cuántica y la teoría de la relatividad de Albert Eistein[1]. En el ámbito filosófico, el siglo XX tuvo mucho qué pensar sobre la verdad. Nietzche ya había promulgado su famosa sentencia "No hay hechos sino interpretaciones" y la filosofía de la ciencia, en su afán por encontrar un criterio de demarcación entre creencia y verdad, vio los límites de un análisis lógico o formal de la ciencia para reconocer la necesidad de una reflexión más histórica, más sociológica, sobre el problema del conocimiento. De la sociología clásica de Max Weber y Émile Durkheim se llegó a programas de investigación social sobre el conocimiento que hicieron de la expresión "construcción social" una generalización de amplia aceptación entre las ciencias humanas.

La llamada posmodernidad en filosofía se empeñó en alimentar posiciones críticas que parecían desalentar cualquier idea de verdad universal. Así, el problema de la verdad es hoy tan o más controvertido y agitado que en la antigua Grecia, en el Renacimiento o en la Ilustración. Tanto así que en el año 2016, el *Oxford English Dictionary* eligió la expresión *post-truth* como palabra del año, reconociendo así que vivimos en una época de creciente escepticismo frente a la idea de una verdad universal, y la contienda sobre quién tiene

[1] Para una muy completa reflexión sobre la ciencia en el siglo XX véase Jon Agar, *Science in the Twentieth Century and Beyond* (Cambridge: Polity Press, 2012).

la autoridad para hablar por los demás sigue formando parte esencial de la cultura política y científica contemporánea.

Los siglos XIX y XX también han traído cambios notables en la geopolítica global, en la cual Europa sigue siendo un poderoso centro político, económico y cultural, pero no el único. Hemos detenido nuestra reflexión con la Ilustración europea porque no hay duda de que el siglo XVIII marcó la cúspide de la hegemonía global europea de la cual somos herederos directos hoy en día. Pero la historia de la verdad en los dos últimos siglos merece otro libro o muchos libros más. La historia siempre ha sido un poderoso instrumento para pensar el presente, el campo de la historia de la ciencia y de la epistemología no son excepciones. Esperamos que el largo recorrido que hemos hecho nos deje algunas lecciones útiles para enfrentar los debates contemporáneos sobre la verdad.

La noción de ciencia más tradicional supone un método científico particular que garantiza un conocimiento neutral, objetivo y de validez universal. Esta noción de conocimiento científico, que sigue teniendo cierta vigencia en el imaginario social, así como entre muchos académicos y científicos profesionales, implica una marcada distancia no solo con otras formas de conocimiento, sino también con el mundo de la técnica, del arte, de la estética, de la religión y de la política. Su neutralidad e independencia de todo interés humano requiere de una práctica ajena al mundo de la política; y su carácter lógico y racional la separa de manera irremediable del mundo de la fe y de la religión. Tomando cierta distancia con estas dicotomías modernas, hemos procurado cruzar estas fronteras para mostrar que la historia de la verdad en Occidente no puede entenderse sin una seria consideración de aspectos religiosos, estéticos y políticos.

Tanto la historia de la ciencia como la de la verdad en Occidente han sido narradas en función de grandes cambios o revoluciones conceptuales, producto de mentes geniales, muchas veces solitarias. Thomas Kuhn y una generación de historiadores de la ciencia le dieron fuerza a la idea de "revoluciones" y cambios de paradigmas como el motor de la historia del conocimiento[2]. Su obra fue un aporte innegable a la historia de la ciencia, pero su noción de "revolución científica" como la repentina sustitución de paradigmas obsoletos parecen hoy menos útiles que su idea de "ciencia normal". En dichos periodos de estabilidad "normalizada", Kuhn explica la consolidación de acuerdos y formas de ver y de pensar de grupos sociales amplios que comparten un mismo lenguaje y marcos de referencia de aceptación colectiva.

[2] Para Thomas Kuhn, la historia de la ciencia se caracteriza por prolongados periodos de "ciencia normal", en la cual un modelo o paradigma es suficiente para explicar o responder a las preguntas de un campo del conocimiento en una momento de la historia; sin embargo, los paradigmas acumulan dificultades y entran en crisis, y así se da paso a una revolución científica, que es un cambio de modelo o de paradigma. El caso emblemático de la idea de revolución científica para Kuhn es justamente la revolución copernicana en el siglo XVII.

Así, resultan más convincentes las narraciones que permiten reconocer procesos prolongados en los cuales, de manera gradual, se construyen nuevas formas de representar el mundo.

En la historia que aquí presentamos se han hecho evidentes cambios en las formas de entender el mundo, verdades que se transforman en meras creencias o errores, o creencias que se convierten en verdades; pero también hemos descrito prolongados procesos estables y ha sido necesario reconocer profundas continuidades. En lo fundamental, los cometidos de la filosofía griega nos resultan familiares y, diecisiete siglos después de san Agustín, no podemos imaginar la cultura occidental sin el cristianismo.

Hoy, los librepensadores, beatos, seculares, posmodernos, e incluso quienes se definen como ateos, debemos reconocer una herencia indeleble del cristianismo en nuestras formas de pensar y de actuar. Es difícil pensar en un acontecimiento de mayor trascendencia para la historia de la cultura occidental que el triunfo del cristianismo; las estructuras básicas del pensamiento moderno tomaron forma en un mundo cristiano fundado en tradiciones filosóficas griegas[3]. La Ilustración, como vimos, encontró en el Renacimiento las bases de sus propios ideales y aún hoy en día parecemos apegados a los ideales ilustrados, y de cierta manera teológicos, de una razón universal. La idea de una sola fuente de una única verdad, al igual que la idea de un demonio origen de toda maldad, son nociones propias de tradiciones monoteístas como el judaísmo, el islam o el cristianismo.

Además de las evidentes tensiones históricas entre ciencia moderna y religión, hemos tratado de hacer visibles las relaciones simbióticas, las bases metafísicas comunes entre la ciencia y la religión. Desde Platón, y a lo largo de toda una tradición teológica medieval e incluso en la filosofía moderna, la posibilidad misma de conocer la naturaleza ha implicado una creación ordenada y una celebración del maravilloso poder y perfección del Creador. Aristóteles, sin necesidad de un creador del universo defendió la necesidad de un orden natural mediante el cual sería posible conocer por qué la naturaleza opera en función de fines. Esta concepción teleológica, como vimos, formó parte esencial del pensamiento occidental por siglos. De manera explícita y clara, estudiamos cómo la obra de pensadores como Descartes, Kepler, Newton o Linneo carecería de sentido sin Dios.

En este libro hay mucho de historia de las ideas, pero también hemos querido mostrar que el conocimiento en la tradición occidental debe ser entendido como un conjunto de prácticas que van mucho más allá de una historia de conceptos. Las artes, comprendido aquí el término como técnicas y prácticas artesanales, insistimos, han sido determinantes en la historia del conocimiento en Occidente. La puesta en marcha de nuevos medios de comunicación impresa, el desarrollo de las artes visuales, el comercio, la navegación, la ingeniería,

[3] Gaukroger, *The Emergence*.

la medicina, la fabricación de armas o de instrumentos son todas prácticas sin las cuales no podríamos entender la verdad en Occidente.

En estas páginas les hicimos frente a preguntas y debates propios de la historia de la ciencia, pero hoy resulta más interesante explicar las relaciones de las prácticas científicas y técnicas con la configuración de un nuevo orden mundial, que la búsqueda de los orígenes de la ciencia moderna. Esta historia de la verdad es también, de alguna manera, una geografía de la verdad que da cuenta de la emergencia y el triunfo de Occidente como centro político y económico del mundo. No es una coincidencia que los más poderosos centros comerciales e industriales de Europa fueran la cuna de la mayor y más exitosa actividad filosófica, técnica, artística y científica. A lo largo de la historia que hemos recorrido, se ha hecho evidente que la verdad se produce en poderosos centros económicos y culturales; los momentos y lugares de mayor relevancia en la historia del conocimiento coinciden con los momentos y lugares donde se han instaurado grandes centros de poder.

Como ha quedado claro, Atenas, Alejandría, Bizancio, Bagdad, Roma, Lisboa, Sevilla, Florencia, Ámsterdam, Londres o París, en los momentos de su mayor esplendor económico y político fueron voraces centros de acopio de conocimientos. En estos lugares fue posible la acumulación, conservación, y, más importante aún, la producción de conocimiento. Una lección que no podemos dejar pasar por alto es la estrecha relación entre innovación y la capacidad de articular formas de pensar diversas. La Bagdad del siglo VIII fue la cuna de uno de los momentos más fértiles de la historia de las ciencias, y es obvia la relación de las grandes escuelas de pensamiento árabes en matemáticas, astronomía o medicina, con la asimilación de tradiciones griegas, indias y egipcias. Algo similar podríamos decir de Alejandría, de Florencia o de Sevilla, todos puntos de encuentro de una rica diversidad cultural y científica. Así, el conocimiento florece en lugares y mentes abiertas. Nuestro mundo académico tiende a fortalecer prácticas cada vez más homogéneas y tendemos de manera creciente a premiar nuestra incapacidad de reconocer como legítimas otras formas de conocimiento.

La geografía del conocimiento, la obvia relación entre la historia política y económica y la historia de la verdad, no la podemos comprender si no estudiamos las instituciones y las reglas de juego que definen aquello que se considera conocimiento válido. En el seno de estas ciudades, lugares con un ímpetu político y económico particular se crearon instituciones, como la Academia de Platón; el Liceo de Aristóteles; la Biblioteca o el Museo de Alejandría; la Iglesia católica, que se sumó a la expansión del Imperio romano; los gabinetes y grandes coleccionistas privados; las universidades medievales de París, Bolonia y Oxford; las monarquías y el mundo cortesano; las academias humanistas; la Casa de Contratación de Sevilla; las sociedades científicas modernas, y los grandes museos y jardines de las capitales europeas del siglo XVIII. No es una coincidencia que el surgimiento de lo que entendemos

como ciencia moderna ocurrió durante el mismo periodo de la consolidación de los imperios europeos globales y de la emergencia de una economía global[4].

Una vez que aceptamos la indiscutible tesis de que el conocimiento es comunicación, entendemos también la obligación de examinar con mayor cuidado las formas de difusión y circulación, y la necesidad de pensar la verdad como un fenómeno social. El conocimiento se hace legítimo solo cuando una manera particular de explicar el mundo es compartida y aceptada por una comunidad relevante. Esto quiere decir que la producción de conocimiento y su comunicación no son procesos independientes y que toda verdad solo es posible una vez que es reconocida de manera colectiva. Esto conlleva a que el triunfo de la ciencia occidental no es una simple consecuencia de su naturaleza ni de su estatus epistemológico privilegiado y, por lo mismo, la hegemonía científica de Occidente no puede ser explicada en términos del mero rigor de un método específico. Por el contrario, su éxito como una forma universal de conocimiento debe ser explicado en términos de prácticas concretas que han hecho posible la declaración europea de universalidad.

Narraciones ampliamente difundidas que pretenden explicar el proceso de expansión de la ciencia moderna suponen que esta fue creada en un lugar y que gracias a su esencial carácter universal se difundió de manera natural e inevitable[5]. Con nuestras descripciones de los contextos y prácticas científicas del Renacimiento y de la Ilustración hemos intentado una explicación distinta, mostrando cómo la expansión europea forma parte de la explicación y no la simple consecuencia de una ciencia o una razón universales. La difusión está inmersa en la creación misma de la ciencia moderna, de ahí la importancia de entender el papel que desempeñaron en esta historia medios de comunicación como la imprenta, la representación visual, las sociedades científicas, los centros de acopio de información, los instrumentos de observación y, en general, las reglas de juego para la comunicación y la circulación de conocimiento.

La característica distintiva del eurocentrismo no es su capacidad de excluir a otros, más bien su contrario, la capacidad de domesticar, de transformar lo desconocido en algo familiar, esto es, incluir lo extraño dentro de sus propios marcos de referencia. Como Arif Dirlik explica: "El eurocentrismo no es el resultado de ignorar a los otros, sino más bien la consecuencia de la capacidad de organizar el conocimiento del mundo, incluyendo otras formas

[4] Cook, *Matters of Exchange*, 416.

[5] Libros e incluso exitosas series de televisión como *Cosmos*, de Carl Sagan, o el *Ascenso del Hombre* de Jacob Bronowski difunden una imagen de la historia de la ciencia esencialmente occidental.

de saber, dentro de un único sistema"[6]. Esta capacidad de apropiación, traducción e inclusión es justamente lo que hemos descrito como parte importante de la historia de la verdad.

La historia del conocimiento ha sido narrada, con justas razones, como una historia progresiva, que supone crecimiento, acumulación y, sin duda, un mayor éxito en las formas humanas de comprender la naturaleza; pero aunque menos fácil de percibir, no podemos perder de vista que el triunfo de la verdad, en sus distintas formas, ha implicado la pérdida y el silenciamiento de una enorme y rica diversidad de formas de pensar, de ideas y de información. Como resultado del triunfo de unos seres humanos y sus formas de vida sobre otros, solamente conservamos, reconocemos y entendemos aquellas formas de conocimiento que nos son familiares y forman parte de esta historia progresiva del sendero correcto de la verdad. El espectacular triunfo del cristianismo o del islam tuvieron como resultado la violenta desaparición de otras formas de pensar, vivir y entender el mundo. Por ende, la historia de la verdad en Occidente ha sido también la historia de grandes pérdidas y silenciamientos.

El intento por escapar a una explicación eurocéntrica de la historia y la necesidad de hacer visibles otras voces no puede ser reducido a la negación de la importancia de Europa en la historia moderna, como tampoco a la negación del papel central de la ciencia occidental. En lugar de esto, debemos explicar histórica, social, cultural y políticamente su éxito y las consecuencias de tal éxito en la transformación geopolítica del mundo. La relación entre verdad y poder tiene otra dimensión que no puede pasar desapercibida: la historia que hemos reconstruido ha estado protagonizada por actores masculinos. Con contadas excepciones, el conocimiento en Occidente que hemos descrito ha sido el producto de hombres. Esto obedece a razones historiográficas pero también históricas. Como lo ha hecho evidente la literatura reciente, el papel de las mujeres en la historia de la ciencia ha sido menospreciado y seguimos siendo ignorantes sobre la participación femenina en la historia de la filosofía y de la ciencia. Pero es además cierto que, en las tradiciones griegas clásicas, a lo largo de la Edad Media y en las tradiciones cristianas y musulmanas, como en la modernidad europea y aún en la Ilustración, el mundo de las letras fue un mundo dominado por hombres.

Como es obvio, no ha sido mi intención hacer una historia de la verdad con perspectiva de género, pero resulta evidente que no solo el acceso de las mujeres al mundo del conocimiento ha sido marginal, sino que los contenidos,

[6] "The distinguishing feature of Eurocentrism is not its exclusiveness, which is common to all ethnocentrisms, but rather the reverse: its inclusiveness. Eurocentrism is not the result of ignoring others but rather the consequence of organizing the knowledge of the world, including other ways of knowing, into one single systematic whole". Dirlik, "History without a center? Reflections on Eurocentrism", en Fuchs y Stuchtey, *Across Cultural Borders*, 252. Traducción propia.

las concepciones sobre la naturaleza, sobre lo masculino y lo femenino en la historia de la filosofía natural, de la teología, del arte y de la ciencia tienen el peso de una mirada masculina. Parte del problema está en la poca visibilidad de las mujeres y de oficios femeninos en la historia de la verdad en Occidente. Prácticas de salud tan importantes como la atención de los partos, por ejemplo, fue un monopolio femenino hasta el siglo XVII, en el que las experimentadas comadronas obtuvieron la confianza incluso de reyes y aristócratas para acompañar a las madres en el alumbramiento[7].

Otra dimensión del problema, no menos relevante, está en las relaciones de la historia de la verdad y las concepciones filosóficas y científicas sobre lo masculino y lo femenino. Vimos cómo en la medicina clásica y en las teorías antiguas de la reproducción, lo femenino aparece como una versión inferior, incompleta de lo masculino. En términos biológicos lo femenino solía relacionarse con lo pasivo, mientras lo masculino como la parte activa de la naturaleza. Tanto así que incluso con la aparición de los primeros microscopios y las observaciones de diminutos espermatozoides por Leeuwenhoek en el siglo XVII, se difundió la idea de que el esperma masculino contenía en sí mismo seres completos, dejando al óvulo femenino, notoriamente más grande, la función secundaria de acoger y alimentar a este nuevo individuo ya formado. Las teorías de diferenciación sexual que estudiaron el desarrollo embrionario solían suponer que el feto femenino mostraba un desarrollo incompleto. Incluso hasta el siglo XX encontramos una larga lista de teorías científicas ampliamente aceptadas que ratifican y naturalizan la condición de inferioridad y subordinación de lo femenino, tradiciones científicas que se han encargado de crear una imagen de inferioridad física e intelectual, de un cuerpo femenino prisionero de funciones reproductivas e inadecuado para el mundo del conocimiento.

A pesar de la radical distinción cartesiana entre la mente y el cuerpo, la antropología, la psicología, los estudios sobre hormonas no han tenido problema en defender tesis sobre la superioridad intelectual y física de los hombres sobre las mujeres[8]. De manera que podríamos argumentar que la verdad en Occidente es tan eurocéntrica como masculina.

Por último, quisiera mencionar el sentido pedagógico de este proyecto. Hace más de cincuenta años, en un clásico texto titulado *Las dos culturas y un segundo enfoque*, de 1959, Charles Snow señalaba el riesgo de que la vida intelectual de toda la sociedad occidental se estuviera dividiendo cada vez más en dos grupos opuestos, el de las humanidades y el de las ciencias naturales[9]. Las disciplinas y la especialización, como lo hemos visto, fueron una

[7] Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?*, 158-168.

[8] Veanse, por ejemplo, Stephen Gould, *The Mismeasure of Man* (Londres: Penguin Books, 1981); Schiebinger, *¿Tiene sexo la mente?*

[9] Charles Snow, *Las dos culturas y un segundo enfoque* (Madrid: Alianza Editorial, 1987).

necesidad, una consecuencia inevitable del crecimiento del conocimiento; sin embargo, el aislamiento de formas de pensar que se diferencian casi hasta el punto de no reconocerse, la consolidación de parcelas y "culturas" aisladas tiene consecuencias negativas para la educación y la cultura en su conjunto.

La llamada "guerra de las ciencias", las ideas algo aprensivas de que existen territorios con derechos de propiedad epistemológica; de que sobre ciencia solo deben hablar los científicos, o de que las humanidades no se deben ocupar o entremeter en otros campos como los de las ciencias naturales, la tecnología o la medicina tuvieron un efecto negativo tanto para las humanidades como para la ciencias. El crecimiento del conocimiento también implicó la clasificación de saberes y la emergencia de nuevos campos que poco a poco terminaron en disciplinas. La Ilustración marcó el fin del hombre de letras, el erudito, y dio paso al especialista. De las tres facultades de la universidad medieval y moderna, hoy tenemos universidades con un creciente número de facultades, departamentos, centros de investigación y programas de estudio disciplinares. Muchas veces, estas divisiones incluso son físicas y suponen edificios y muros que los separan.

Uno de los grandes héroes de nuestra historia de la verdad, Isaac Newton, alguna vez escribió: "Los hombres construimos demasiados muros y no suficientes puentes". Los edificios y muros que hoy definen espacios en las instituciones académicas y que parecen resistir el trabajo interdisciplinar son también obstáculos a la innovación y a la creatividad. Como lo podemos aprender de la historia de la verdad, la innovación requiere de un cambio en los marcos de referencia tradicionales, del reconocimiento y la apropiación de formas diversas de pensar y actuar. Nuestra incapacidad de convivir con la diversidad, una condición necesaria para el cambio, se expresa en nuestra intolerancia y el desprecio por culturas lejanas, e incluso con nuestros vecinos de otros departamentos en el campus universitario. Por estas razones es urgente un sistema educativo en el cual las ciencias sociales, las ciencias naturales, las técnicas y las humanidades tengan espacios de encuentro y de mutuo aprendizaje.

CRONOLOGÍA

Ca. siglo VIII a. C.	Homero escribe sus famosas obras *La Ilíada* y *La Odisea*.
Ca. 594 a. C.	Solón escribe una nueva Constitución en la que se defiende la igualdad de las personas ante la ley.
Ca. 563-483 a. C.	En las estribaciones del Himalaya, en la India, nace y muere Siddharta Gautama (Buda).
Ca. 551-479 a. C.	En el antiguo estado de Lu, nace y muere el pensador chino Confucio.
Ca. 540-480 a. C.	Nace y muere Heráclito en Éfeso.
Ca. 532 a. C.	Se funda en Crotona la escuela pitagórica.
Siglo V a. C.	Nace y muere Zenón en Elea.
Ca. 460-370 a. C.	Nace y muere Hipócrates en Grecia.
427-347 a. C.	Nace y muere Platón en Atenas.
Ca. 408-390 a. C.	Nace y muere Eudoxo en Cnido.
Ca. 387 a. C.	Se funda en Grecia la Academia de Platón.
Ca. 384-322 a. C.	Nace Aristóteles en Estagira y muere en Calcis.
Ca. 356-323 a. C.	Nace Alejandro Magno en Pela, Grecia, y muere en Babilonia.
Ca. 341-270 a. C.	Nace Epicuro en Samos y muere en Atenas.
Ca. 306 a. C.	Epicuro funda en Atenas la escuela el Jardín, que funcionará por varios siglos.
Ca. 300 a. C.	Euclides escribe en Alejandría *Elementos de geometría*.
Ca. 287-212 a. C.	Nace y muere Arquímedes en Siracusa.
Ca. 276-194 a. C.	Nace Eratóstenes en Cirene y muere en Alejandría.
106-43 a. C.	Nace Cicerón en Arpino y muere en Formia.
Ca. 30-15 a. C.	Marco Vitruvio escribe en Roma *De architectura*.
4 a. C.-65 d. C.	Nace Séneca en Corduba y muere en Roma.

1 d. C.	Nace Jesucristo, mesías de los judíos y encarnación del mismo Dios cristiano.
50-138	Nace Epicteto en Hiarápolis, en el sudeste de Turquía, y muere en Nicópolis.
Ca. 77	Plinio el Viejo dedica su extensa obra *Historia natural* al emperador Tito.
100-170	Nace y muere Claudio Ptolomeo en Alejandría.
Ca. 129-216	Nace Galeno en Bergama y muere en Roma.
Ca. 175-235	Nace y muere Claudio Eliano en Palestrina.
340-420	Nace san Jerónimo en Estridón y muere en Belén.
354-430	Nace san Agustín en Tagaste y muere en Hipona.
Ca. 380	El Imperio romano, bajo el mando del emperador Teodosio, adopta el cristianismo como su religión oficial.
395	Se divide el Imperio romano en dos, el de Oriente y el de Occidente.
476	Se identifica la caída del Imperio romano de Occidente con la derrota del emperador Rómulo.
571-632	Nace Mahoma en La Meca y muere en Medina.
622	Mahoma, profeta del islam, comienza su predicación en La Meca.
632	El islam unifica la península arábiga y comienza su expansión por África, Asia y la península ibérica.
636	Isidoro de Sevilla escribe *Etimologías*.
712-775	Nace Al-Mansur en Juzistán, en el sudoeste del actual Irán, y muere en Bagdad.
780-850	Nace y muere Al-Khwarizmi en Bagdad.
808-873	Nace y muere Hunayn ibn Ishaq en Bagdad.
Siglo IX	Se desarrollan los primeros tipos de imprenta en China.
1078	San Anselmo culmina *Sobre la verdad*.
1088	Se funda la Universidad de Bolonia.
1096	Comienzan las actividades de enseñanza en la Universidad de Oxford.

1098-1179	Nace Hildegarda de Bingen en Bermersheim vor der Höhe y muere en Bingen.
1114-1187	Nace y muere Gerardo de Cremona.
1150	Es fundada la Universidad de París por el obispo de esa ciudad.
Ca. 1187-1260	Gerardo de Bruselas escribe *Liber de motu*.
1200-1280	Nace Alberto Magno en Lauingen y muere en Colonia.
1225-1274	Nace Tomás de Aquino en Roccasecca, Italia, y muere en la abadía de Fossanova, Italia.
1267	Roger Bacon elabora su *Opus maius*.
1274	Tomás de Aquino termina su *Summa Theologiae*.
1277	Étienne Tempier, obispo de París, promulga sus prohibiciones.
Ca. 1280-1349	Nace Guillermo de Ockham en Surrey y muere en Múnich.
Ca. 1300-1358	Nace y muere Juan Buridán en Bethune.
1304-1374	Nace Francesco Petrarca en Arezzo y muere en Arquà.
1313-1375	Nace y muere Giovanni Boccaccio en Certaldo.
1377-1446	Nace y muere Filippo Brunelleschi en Florencia.
1386-1466	Nace y muere Donatello en Florencia.
1390-1441	Nace Jan van Eyck en Maaseik y muere en Brujas.
1401	Lorenzo Ghiberti gana el concurso para decorar las puertas del Battistero di San Giovanni, en Florencia.
1401-1428	Nace Masaccio en Arezzo y muere en Roma.
1404-1472	Nace Leon Battista Alberti en Génova y muere en Roma.
1433-1499	Nace y muere Marsilino Ficino en Florencia.
1452-1519	Nace Leonardo en Vinci y muere en Amboise.
1453	El Imperio bizantino cae ante la invasión de los turcos.
1455	Gutenberg termina la impresión en latín de la Biblia de 42 líneas en su nuevo tipo de imprenta.
1463-1494	Nace Giovanni Pico della Mirandola y muere en Florencia.

1469	Se realiza el matrimonio entre Isabel de Castilla y Fernando de Aragón, comenzando así la unificación de los dos reinos y la que sería la poderosa monarquía Habsburgo.
1469-1527	Nace y muere Nicolás Maquiavelo en Florencia.
1471-1528	Nace y muere Alberto Durero en Núremberg.
1473-1543	Nace Nicolás Copérnico en Torun y muere en Frombork, actual Polonia.
1475-1564	Nace Miguel Ángel en Caprese y muere en Roma.
1492	La expedición liderada por Cristóbal Colón parte del puerto de Palos el 3 de agosto, con destino a Asia. El 12 de octubre avistan una isla en el Caribe.
Ca. 1493-1541	Nace Paracelso en Einsiedeln y muere en Salzburgo.
1497	La expedición al mando de Vasco da Gama parte de Lisboa y encuentra una ruta hacia la India bordeando la costa africana.
1500	Se crea la Casa da Índia en Lisboa.
1500	Parte de Lisboa una flota con destino a India al mando de Pedro Álvares Cabral, la cual pierde su rumbo y termina desembarcando en la actual costa brasilera.
1500	El cartógrafo español Juan de la Cosa elabora un mapa en el que incluye, por primera vez, al Nuevo Mundo como parte del mundo conocido.
1503	Se funda la Casa de Contratación en Sevilla, gran centro de acopio de la Corona española.
1507	A partir de los trabajos de Américo Vespucio, Martín Waldseemüller escribe por primera vez, en *Cosmographiae introductio*, el nombre de "América" en un mapa.
1510	Comienza a circular *De occulta philosophia*, de Heinrich Cornelius Agrippa.
1516	Tomás Moro publica *Utopía*.
1519	Parte de Sevilla la expedición que circunnavegaría la Tierra por primera vez, al mando de Fernando de Magallanes y, tras su muerte, de Sebastián Elcano.
1521	Martín Lutero expone ante Carlos V sus críticas al catolicismo.

1523	Diego Ribero y Alonso de Chaves asumen los cargos de cosmógrafo real y piloto mayor de la Casa de Contratación de Sevilla, entre sus funciones está realizar el ambicioso proyecto del Padrón Real.
1533	Enrique VIII aparta a Inglaterra de la Iglesia romana.
1535	Fernando González de Oviedo publica un sumario de su *Historia general y natural de las Indias*.
1540	Ignacio de Loyola funda la Compañía de Jesús.
1542	Leonhart Fuchs publica *Historia de las plantas*.
1543	Se publica en Basilea *De humani corporis fabrica libri septem*, de Andreas Vesalio.
1543	Nicolás Copérnico publica *Sobre las revoluciones de los orbes celestes* en Nüremberg.
1545-1563	Se reúne el Concilio de Trento con el fin de definir los principios básicos del catolicismo.
1546-1601	Nace Tycho Brahe en Escania y muere en Praga.
1558	Giambattista della Porta publica *Magia naturalis*.
1558	Felipe II intenta invadir Inglaterra y su "armada invensible" es derrotada en las costas británicas.
1561-1626	Nace y muere Francis Bacon en Londres.
1564-1642	Nace Galileo Galilei en Pisa y muere en Florencia.
1567-1643	Nace el compositor Claudio Monteverdi en Cremona y muere en Venecia.
1568-1639	Nace y muere Tommaso Campanella.
1570	Abraham Ortelius publica su *Theatrum orbis terrarum* en Amberes.
1571-1630	Nace Johannes Kepler en Weil der Stadt y muere en Ratisbona.
1581	Adriaen Collaert publica su *Septem planetae*.
1596-1650	Nace René Descartes en La Haye en Touraine y muere en Estocolmo.
1600	Se publica en Londres *De magnete magneticisque corporibus* de William Gilbert.

1620	Es publicado en Londres el *Novum Organum* de Francis Bacon.
1623	Tommaso Campanella publica *Civitas solis, poetica idea Reipublicae philosophicae*.
1623-1662	Nace Blaise Pascal en Clemont-Ferrand y muere en París.
1628	Se publica *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* de William Harvey.
1630	Se publica el *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo* de Galileo Galilei.
1632-1675	Nace y muere Johannes Vermeer en Delft.
1632-1723	Nace y muere Anton van Leeuwenhoek en Delft.
1637	Se publica *Discurso del método* de René Descartes en Leiden.
1642-1727	Nace Isaac Newton en Lincolnshire y muere en Londres.
1647	Blaise Pascal publica *Traité sur le vide*.
1660	Se funda la Real Sociedad de Londres.
1661	Robert Boyle publica *The Sceptical Chymist* en Londres.
1665	Robert Hook publica en Londres su *Micrographia*.
1666	Se funda la Academia de Ciencias de París, liderada por Jean-Baptiste Colbert.
1687	Se publican los *Philosophiae naturalis principia mathematica* de Isaac Newton.
1700	Se funda la Academia de Berlín, para el estudio de las ciencias y las humanidades.
1707-1778	Nace Carlos Linneo en Rashult y muere en Upsala, Suecia.
1711-1776	Nace y muere David Hume en Edimburgo.
1713-1784	Nace Denis Diderot en Langres y muere en París.
1724-1804	Nace y muere Immanuel Kant en Königsberg.
1728-1779	El navegante y cartógrafo inglés James Cook realiza viajes por el océano Pacífico en los que describe y localiza con precisión varias islas, entre ellas Australia.
1735	Carlos Linneo publica la primera edición de *Systema Naturae*.

1743-1794	Nace Nicolás de Condorcet en Ribemont y muere en Bourg-la-Reine, Francia.
1749-1788	Se publican en París diferentes volúmenes de *Histoire naturelle, générale et particulière* del conde de Buffon.
1749-1827	Pierre-Simon Laplace nace en Beaumont-en-Auge y muere en París.
1751-1780	Denis Diderot y Jean le Rond d'Alambert publican diferentes volúmenes de la *Encyclopédie*.
1769-1859	Nace y muere el naturalista Alexander von Humboldt en Berlín.
1770-1831	Georg Wilhelm Friedrich Hegel nace en Stuttgart y muere en Berlín.
1784	Immanuel Kant publica su texto *¿Qué es la Ilustración?*
1798-1857	Auguste Comte nace en Montpelier y muere en París.
1836	Pierre-Simon Laplace publica en París su *Exposition du système du monde*.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, Antonio, Adolfo González y Enriqueta Vila, comp. *La Casa de la Contratación y la navegación entre España y las Indias*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2003.

Adorno, Theodor y Max Horkheimer. *Dialectic of Enlightenment*, traducido por John Cumming. Londres y Nueva York: Verso, 1992.

Agar, Jon. *Science in the Twentieth Century and Beyond*. Cambridge: Polity Press, 2012.

Alberti, Leon Battista. *On Painting*, tradudido por Cecil Grayson. Londres: Penguin Group, 2004.

Alpers, Svetlana. *The Art of Describing: Dutch Art in the Seventeenth Century*. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.

Antuñano, Salvador. *San Agustín: Obras selectas*. Madrid: Gredos, 2012.

Aquino, Tomás de. *Suma de teología*. Madrid: Gredos, 2012.

Aristóteles. *Física*, traducido por Guillermo de Echandía. Madrid: Gredos, 1995.

— *Metafísica*, traducido por Tomás Calvo. Madrid: Gredos, 1994.

Asúa, Miguel de y Roger French. *A New World of Animals: Early Modern Europeans on the Creatures of Iberian America*. Aldershot: Ashgate, 2005.

Bacon, Francis. *La gran restauración*, traducido por Miguel Granada. Madrid: Alianza Editorial, 1985.

— *The New Organon*, editado y traducido por Lisa Jardine y Michael Silverthone. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

— *Novum organum*. Barcelona: Fontanella, 1979.

Barrera, Antonio. *Experiencing Nature: The Spanish American Empire and the Early Scientific Revolution*. Austin: University of Texas, 2006.

Belting, Hans. *Florencia y Bagdad: Una historia de la mirada entre Oriente y Occidente*. Madrid: Akal, 2012.

Bernal, Martin. *Black Athena I: The Afroasiatic Roots of Classical Civilization. The Fabrication of Ancient Greece 1785-1985*. Ithaca: Cornell University, 1987.

Biagioli, Mario. *Galileo Courtier*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1993.

Borchert, Till-Holger. *Van Eyck*. Londres: Taschen Benedikt, 2008.

Bourget, Marie-Noelle, Christian Licoppe y Otto Sibum. *Instruments, Travel and Science*. Londres y Nueva York: Routledge, 2002.

Boyle, Robert. *Física, química y filosofía mecánica*. Madrid: Alianza Editorial, 1985.

Briggs, Asa y Peter Burke. *De Gutemberg a Internet: Una historia social de los medios de comunicación*, traducido por Marco Aurelio Galmarini. Madrid: Taurus, 2002.

Brooke, John. "Science and Religion", en *The Cambridge History of Science* 4: *Eighteenth-Century Science*, editado por Roy Porter, 741-761. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

— *Science and Religion: Some Historical Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

Brotton, Jerry. *Historia del mundo en 12 mapas*, traducido por Francisco Ramos. Bogotá: Penguin Random House, 2014.

Brown, Lloyd. *The Story of Maps*. Nueva York: Dover Publications, 1949.

Burke, Peter. *Historia social del conocimiento* II: *De la enciclopedia a la Wikipedia*. Barcelona: Paidós Orígenes, 2012.

— *Historia social del conocimiento: De Gutenberg a Diderot*. Barcelona: Paidós Ibérica, 2002.

— *The Italian Renaissance: Culture and Society in Italy*. Princeton: Princeton University Press, 1999.

— *El Renacimiento*. Barcelona: Crítica, 1993.

Cabarcas, Hernando. *Bestiario del Nuevo Reino de Granada: La imaginación animalística medieval y la descripción literaria de la naturaleza americana*. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo, 1994.

Canterbury, Anselmo de. *Proslogion: Sobre la verdad*. Barcelona: Aguilar y Ediciones Orbis, 1984.

Cátedra, Pedro, ed. *Los sermones atribuidos a Pedro Marín: Van añadidas algunas noticias sobre la predicación castellana de san Vicente Ferrer*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1990.

Cayo Plinio Segundo. *Historia natural*. Madrid: Universidad Autónoma de México y Visor Libros, 1999.

— *Historia natural*, traducido por Antonio Fontán, Ana Moure e Ignacio García. Madrid: Gredos, 1995.

Cerezo, Ricardo. *La cartografía náutica española de los siglos XIV, XV y XVI*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994.

Chaudhuri, Sukanta, ed. *Renaissance Themes*. Nueva Delhi: Anthem Press, 2009.

Clagett, Marshall. *Sience of Mechanics in the Middle Ages*. Wisconsin: The University of Wisconsin Press, 1961.

Clarck, Kenneth. *Leonardo da Vinci*. Londres: Penguin Group, 1988.

Cook, Harold. *Matters of Exchange: Commerce, Medicine, and Science in the Dutch Golden Age*. Londres y New Haven: Yale University Press, 2007.

Copenhaver, Brian, ed. *Corpus hermeticum y Asclepio*. Madrid: Siruela, 2000.

Copérnico, Nicolás. *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, editado por Carlos Mínguez y Mercedes Testal. Madrid: Editora Nacional, 1982.

Couper, Heather. *Historia de la astronomía*. Barcelona: Paidós Ibérica, 2008.

Crosby, Alfred. *The Measure of Reality: Quantification in Western Europe, 1200-1600*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

Dackerman, Susan, ed. *Prints and the Pursuit of Knowledge in Early Modern Europe*. Londres y New Haven: Yale University Press, 2011.

Daston, Lorraine y Peter Galison. *Objectivity*. Nueva York: Zone Books, 2007.

Dear, Peter. *Revolutionizing the Sciences*. 2.ª ed. Princeton y Oxford: Princeton University Press, 2009.

Debus, Allen. *Man and Nature in the Renaissance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

Descartes, René. *A Discourse on Method: Meditations and Principles*, traducido por Tom Sorell. Londres: Everyman Classics, 1986.

— *El mundo o tratado de la luz*. Barcelona: Antropos, 1989.

Duhem, Pierre. *Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1985.

Eisenstein, Elizabeth. *The Printing Revolution in Early Modern Europe*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press, 1983.

Elena, Alberto y Javier Ordóñez, eds. *La ciencia y su público: Perspectivas históricas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988.

Fauvel, John, Raymond Flood, Michael Shortland y Robin Wilson, eds. *Let Newton Be! A New Perspective on his Life and Works*. Nueva York: Oxford University Press, 1988.

Fernández de Oviedo, Gonzalo. *Historia general y natural de las Indias* 5. Madrid: Atlas, 1959.

Feyerabend, Paul. *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos, 1986.

Fleck, Ludwik. *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Chicago: The University of Chicago Press, 1981.

Forment, Eudaldo. *Santo Tomás: Suma cuestiones*. Madrid: Gredos, 2012.

Fox, Evelyn. *Making Sense of Life: Examining Biological Development with Models, Metaphors and Machines*. Cambridge: Harvard University Press, 2002.

Fox, Evelyn y Helen Longino, eds. *Feminism and Science*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

Frasca-Spada, Marina y Nick Jardine, eds. *Books and the Sciences in History*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

French, Roger. *Ancient Natural History*. Londres y Nueva York: Routledge, 1994.

Fuchs, Eckhardt y Benedikt Stuchtey, eds. *Across Cultural Borders: Historiography in Global Perspective*. Lanham: Rowman and Littlefield, 2002.

Galilei, Galileo. *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemáico y copernicano*, editado por Antonio Beltrán. Madrid: Alianza Editorial, 1994.

— *El ensayador*. Buenos Aires: Aguilar, 1981.

— *Le opere di Galileo Galilei*. Florencia: Edizione Nazionale, 1968.

García de Palacio, Diego. *Instrucción náutica, para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno conforme a la altura de México*. Madrid: Editorial Naval, 1993.

Gaukroger, Stephen. *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity, 1210-1685*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

Gerbi, Antonello. *La disputa del Nuevo Mundo*, traducido por Antonio Alatorre. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1960.

Gilson, Étienne. *La filosofía en la Edad Media: Desde los orígenes patrísticos hasta el fin del siglo XIV*. 2.ª ed. Madrid: Gredos, 1976.

Glacken, Clarence. *Huellas en la playa de Rodas*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1996.

Godwin, Joselyn. *Macrocosmos, microcosmos y medicina: Los mundos de Robert Flud*. Girina: Ediciones Atlanta, 2018.

Gombrich, Ernst. *Art & Ilusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation*. Londres y Nueva York: Phaidon Press Limited, 2002.

— *Historia del arte*. 4.ª ed. Madrid: Alianza Editorial, 1982.

Gould, Stephen. *The Mismeasure of Man*. Londres: Penguin Books, 1981.

Grant, Edward. *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages: Their Religious, Institutional, and Intellectual Contexts*. Cambridge, Nueva York y Melbourne: Cambridge University Press, 1996.

— *Physical Science in the Middle Ages*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.

Habib, Irfan y Raina Dhruv, eds. *Social History of Science in Colonial India*. Nueva Delhi: Oxford University Press, 2007.

Hadot, Pierre. *¿Qué es la filosofía antigua?* Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1998.

Harley, John. *La nueva naturaleza de los mapas: Ensayos sobre la historia de la cartografía*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2005.

Harvey, William. *The Circulation of the Blood*, traducido por Kenneth Franklin. Londres: Everyman, 1990.

Hauser, Arnold. *Historia social de la literatura y el arte* 1. Barcelona: Editorial Labor, 1978.

Hegel, Georg. *Lecciones sobre la filosofía de la historia universal*. Madrid: Alianza Editorial, 2004.

Heilbron, John. *Galileo*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

Hernández, Carlos. "Voluntad, imaginación y apropiación de la palabra", tesis de doctorado, Universidad Pedagógica Nacional, 2011.

Hernández, Francisco. *Historia natural de Nueva España*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1959.

Hessler, John y Chet van Duzer. *Seeing the World Anew: The Radical Vision of Martin Waldseemüller's 1507 and 1516 World Maps*. Washington D. C.: Library of Congress, 2012.

Hockney, David. *Secret Knowlege: Rediscovering the Lost Techniques of the Old Masters*. Nueva York: Viking Studio, 2006.
Holl, Frank, ed. *Alejandro de Humboldt en México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1997.
Humboldt, Alexander von. *Geografía de las plantas*. Madrid: Archivo Real Jardín Botánico de Madrid.
Hume, David. *An Enquiry Concerning Human Understanding*. Oxford: Oxford University Press, 1989.
Iliffe, Rob. *Newton: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
Ímaz, Eugenio, ed. *Utopías del Renacimiento*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2009.
Iranzo, Juan, Rubén Blanco, Teresa González de la Fe, Cristóbal Torres y Alberto Cotillo, coords. *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas, 1995.
Jardine, Lisa. *Ingenious Pursuits*. Nueva York: Anchor Books, 1999.
— *Worldly Goods: A New History of the Renaissance*. Londres y Nueva York: W. W. Norton & Company, 1996.
Johns, Adrian. *The Nature of the Book: Print and Knowledge in the Making*. Chicago y Londres: Chicago University Press, 1998.
Joost-Gaugier, Christiane. *Italian Renaissance Art: Understanding its Meaning*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.
Kant, Immanuel. *¿Qué es la Ilustración?*, editado por Roberto Aramayo. Madrid: Alianza Editorial, 2013.
Kemp, Martin. *La ciencia del arte*. Madrid: Ediciones Akal, 2000.
Kemp, Martin, ed. *Leonardo on Painting*. New Haven: Yale University Press, 1989.
Kepler, Johannes. *Mysterium Cosmographicum: The Secret of the Universe*. Nueva York: Abaris Books, 1981.
— *El secreto del universo*. Madrid: Alianza Editorial, 1992.
Kirk, Geoffrey y John Raven. *Los filósofos presocráticos: Historia crítica con selección de textos*. Madrid: Gredos, 1981.
Koerner, Lisbet. *Linnaeus: Nature and Nation*. Cambridge y Londres: Harvard University Press, 1999.
Koestler, Arthur. *The Sleepwalkers*. Londres: Arkana, 1989.
Kraye, Jill, ed. *The Cambridge Companion to Renaissance Humanism*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2013.
Lafuente, Antonio. *Los caballeros del punto fijo: Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1987.

Latour, Bruno. *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor, 1992.
— *La esperanza de Pandora: Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, traducido por Tomás Fernández. Barcelona: Gedisa, 2001.
Law, John, ed. *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* Henley: Routledge, 1986.
Lester, Toby. *The Fourth Part of the World: The Race to the Ends of the Earth, and the Epic Story of the Map that Gave America its Name*. Nueva York: Free Press, 2009.
Lestringant, Frank. *Cannibals: The Discovery and Representation of the Cannibal from Columbus to Jules Verne*. Berkeley: University of California Press, 1997.
Lindberg, David. *Los inicios de la ciencia occidental: La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional, desde el 600 a. C. hasta 1450*. Barcelona: Paidós, 2002.
— *Science in the Middle Ages*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1978.
Lloyd, Geoffrey. *Early Greek Science: Thales to Aristotle*. Londres y Nueva York: W. W. Norton & Company, 1970.
— *Greek Science After Aristotle*. Nueva York y Londres: W. W. Norton & Company, 1973.
Long, Pamela. *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences 1400-1600*. Corvalis: Oregon State University Press, 2011.
López de Gómara, Francisco. *Historia general de las Indias*, editado por Pilar Guibelalde y Emiliano Aguilera. Barcelona: Iberia, 1965.
Loyola, Ignacio de. *Ejercicios espirituales y Directorio y documentos*. Barcelona: Balmes, 1958.
Lynch, Michael y Steve Woolgar, eds. *Representation in Scientific Practice*. Cambridge: The MIT Press, 1990.
Machiavelli, Niccolò. *The Prince*. Londres: Penguin Books, 2004.
Maresca, Paola. *Alchimia, magia e astrologia nella Firenze dei Medici*. Florencia: Angelo Pontecorboli, 2016.
Martín, Luisa. *Cartografía marítima hispana: La imagen de América*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1993.
Martínez, José. *Pasajeros de Indias: Viajes transatlánticos en el siglo XVI*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1999.
Mason, Stephen. *Historia de las ciencias 2: La revolución científica de los siglos XVI y XVII*. Madrid: Alianza Editorial, 1985.
Medina, Manuel. *De la* techne *a la tecnología*. Valencia: Tirant lo Blanch, 1985.
Menzines, Gavin. *1421: The Year China Discovered the World*. Nueva York: Harper Perennial, 2004.

Monardes, Nicolás. *La historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales que sirven en Medicina*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 1989.

Newton, Isaac. *Principia* II: *The System of the World*, traducido por Andrew Motte. Berkeley, Los Ángeles y Londres: University of California Press, 1962.

Nieto, Mauricio. *Americanismo y eurocentrismo: Alexander von Humboldt y su paso por el Nuevo Reino de Granada*. Bogotá: Universidad de los Andes, 2010.

— *Orden natural y orden social: Ciencia y política en el semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007.

— *Remedios para el imperio: Historia natural y apropiación del Nuevo Mundo*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia, 2000.

Nieto-Galan, Agustí. *Science in the Public Sphere: A History of Lay Knowledge and Expertise*. Londres: Routledge & Francis Group, 2016.

Outram, Dorinda. *Panorama de la Ilustración*. Barcelona: Blume, 2008.

Pagden, Anthony. *European Encounters with the New World*. New Haven: Yale University Press, 1993.

— *La Ilustración*, traducido por Pepa Linares. Madrid: Alianza Editorial, 2015.

Panofsky, Erwin. *Galileo as a Critic of the Arts*. La Haya: Martinus Nijhoff, 1945.

Park, Katharine y Lorraine Daston, eds. *The Cambridge History of Science* 3: *Early Modern Science*. Nueva York: Cambridge University Press, 2006.

Peterson, Mark. *Galileo's Muse: Renaissance, Mathematics and the Arts*. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

Pickstone, John. *Ways of Knowing*. Chicago: The University of Chicago Press, 2001.

Pimentel, Juan. *Testigos del mundo: Ciencia, literatura y viajes en la Ilustración*. Madrid: Marcial Pons, 2003.

Platón, *Diálogos* II, traducido por Julio Calonge, Emilio Acosta, Francisco Olivieri y José Calvo. Madrid: Gredos, 1983.

— *Ion, Timeo, Critas*, traducido por José Pérez. Madrid: Alianza Editorial, 2009.

— *La República o el Estado*, editado por Miguel Candel, traducido por Patricio de Azcárate. Madrid: Espasa Calpe, 2006.

Porter, Roy. *Breve historia de la medicina: De la Antigüedad hasta nuestros días*. Ciudad de México: Taurus, 2004.

Porter, Roy, ed. *The Cambridge History of Science* 4. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

— *The Cambridge Illustrated History of Medicine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

Puig, Miguel. *Las expediciones científicas durante el siglo XVIII*. Madrid: Akal, 1991.

Pumfrey, Stephen. *Latitud: La verdadera historia del descubrimiento del magnetismo terrestre*. Barcelona: Editorial Juventud, 2008.

Quinton, Anthony. *Francis Bacon*. Oxford: Oxford University Press, 1980.

Rabasa, José. *Inventing America: Spanish Historiography and the Formation of Eurocentrism*. Norman: University of Oklahoma Press, 1993.

Ragep, Jamil. "Islamic Culture and the Natural Sciences", en *The Cambridge History of Science 2: Medieval Science*, editado por David Lindberg y Michael Shank, 34-61. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

Raj, Kapil. *Relocating Modern Science: Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900*. Houndmills y Nueva York: Palgrave Macmillan, 2007.

Roger, Jaques. *Buffon: Un philosophe au Jardin du Roi*. París: Fayard, 1989.

Rorty, Richard. *Philosophy and the Mirror of Nature*. Princeton: Princeton University Press, 1979.

Rupert, John. *Baroque*. Londres: Westview Press, 1977.

Safier, Neil. *Measuring the New World: Enlightenment Science and South America*. Chicago: The University of Chicago Press, 2008.

Saliba, George. *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. Cambridge y Londres: The MIT Press, 2007.

Sánchez, Antonio. *La espada, la cruz y el padrón: Soberanía, fe y representación cartográfica en el mundo ibérico bajo la monarquía hispánica, 1503-1598*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2013.

Schiebinger, Londa. "The Philosopher's Beard: Women and Gender in Science", en *The Cambridge History of Science 4: Eighteenth-Century Science*, editado por Roy Porter, 184-210. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

— *¿Tiene sexo la mente?* Madrid: Cátedra y Universidad de Valencia, 2004.

Schneider, Norbert. *Naturaleza muerta*. Madrid: Taschen, 2003.

Serres, Michel, ed. *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra, 1991.

Shäfer, Ernesto. *El Consejo Real y Supremo de las Indias: Historia y organización del Consejo y de la Casa de Contratación de las Indias*. Madrid: Junta de Castilla y León y Marcial Pons Historia, 2003.

Shapin, Steven. "Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology". *Social Studies of Science* 14, n.° 4 (1984): 481-520.

— *La revolución científica: Una interpretación alternativa*, traducido por José Romo Feito. Barcelona: Paidós Ibérica, 2000.

— *The Scientific Revolution*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press, 1998.

Shapin, Steven y Simon Schaffer. *Leviathan and the Air-Pump*. Princeton: Princeton University Press, 1985.

Smith, Pamela. "Laboratories", en *The Cambridge History of Science* 3: *Early Modern Science*, editado por Katharine Park y Lorraine Daston, 290-304. Nueva York: Cambridge University Press, 2008.

Smith, Pamela y Paula Findlen. *Merchants and Marvels: Commerce, Science and Art in Early Modern Europe*. Londres y Nueva York: Routledge, 2002.

Snow, Charles. *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza Editorial, 1987.

Snyder, Laura. *Eye of the Beholder: Johannes Vermeer, Antoni van Leeuwenhoek, and the Reinvention of Seeing*. Nueva York: W. W. Norton & Company, 2015.

Sobel, Dava. *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*. Londres y Nueva York: Bloomsbury Publishing, 2007.

Stafford, Barbara. *Voyage into Substance: Art, Science and Nature and the Illustrated Travel Account, 1760-1840*. Cambridge: The MIT Press, 1984.

Stump, Eleonore y Norman Kretzmann, eds. *The Cambridge Companion to Agustine*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

Taylor, Thomas. *The Metaphysics of Aristotle: Translated From the Greek*. Londres: Thomas Taylor, 1801.

Todorov, Tzvetan. *La conquista de América: El problema del otro*, traducido por Flora Bottom. Ciudad de México: Siglo XXI, 1989.

Turner, Richard. *Inventing Leonardo*. Berkeley: University of California Press, 1992.

Ulloa, Antonio de. *Relación histórica del viaje a la América meridional*. Madrid: Antonio Marín, 1748.

Vasari, Giorgio. *Las vidas*. Madrid: Cátedra, 2014.

Vernant, Jean-Pierre. *Los orígenes del pensamiento griego*, traducido por Marino Ayerra. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1965.

Vessuri, Hebe y Michael Kuhn. *The Global Social Science World: Under 'Western' Universalism*. Hannover: Ibidem Verlag, 2016.

Vinci, Leonardo da. *On Painting*, editado por Martin Kemp, traducido por Martin Kemp y Margaret Walker. Londres y New Haven: Yale University Press, 1989.

— *Tratado de pintura*, traducido por David García. Madrid: Alianza Editorial, 2013.

Waldseemüller, Martin. *Cosmographiae introductio*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2007.

Webster, Charles. *De Paracelso a Newton: La magia en la construcción de la ciencia moderna*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1988.

Wightman, William. *Science and the Renaissance* 1. Edimburgo y Londres: Oliver and Boy, 1962.

Woodward, David, ed. *The History of Cartography* 3. Chicago: The University of Chicago Press, 2007.

Yates, Frances. *Giordano Bruno y la tradición hermética*. Barcelona: Ariel, 1983.

Zagorin, Perez. *Francis Bacon*. Princeton: Princeton University Press, 1998.

Zamora, Margarita. *Reading Columbus*. Berkeley: University of California Press, 1993.

ÍNDICE ANALÍTICO

Abbas, Haly: 204
Academia de Ciencias de Berlín: 216, 458
Academia de Ciencias de París: 369, 458, 520
Academia de Platón: 29, 556
Académie Royale des Sciencies: 541
acto: 83
    véase también potencia
acto puro: 88, 170
Adán y Eva: 336
Adorno, Theodor: 551, 552
ágora: 37, 65
Agrippa von Nettesheim, Heinrich Cornelius: 226, 227
aguja de marear: 249, 251
Agustín, san: 65, 99, 114, 144-151, 165, 472, 473
Al-Battani: 198
Al-Farghani: 198
Al-Haitham, Ibn *véase* Alhacén
Al-Khwarizmi, Mohammed Ibn Musa: 196-197
Al-Ma'mum: 194, 197
Al-Mansur: 194
Al-Nadim: 192
Al-Nafis, Ibn: 205, 392
Al-Razi: 204
Al-Shatir, Ibn: 201
Al-Shukuk ala Batlamyus: 199
Al-Tusi, Nasir al-Din: 200
Alberti, Leon Battista: 290, 298, 305-312
Alejandría: 99-119, 556
Alejandro Magno: 96
alétheia: 25, 93
algoritmo: 197
Alhacén: 155, 199, 205, 206, 358, 365, 414
alma: 60, 61, 91, 147, 176
alma racional: 132
alma sensitiva: 132
alma vegetativa: 132
Almagesto: 109, 112, 115, 161, 194, 195, 199, 247, 404
alquimia: 218, 219, 228, 231-233, 485, 498, 499
Álvares Cabral, Pedro: 242
Amberes: 211, 343
América: 238, 258, 259, 355, 548
América española: 246
ampolleta: 249
Ámsterdam: 556
anatomía: 378, 383-397
Anaximandro: 41, 42, 43, 44
Anaxímenes: 41, 44
Andrónico de Rodas: 93
Androvandi, Ulisse: 272
Angélico, Fra: 299, 301
Angelus, Jacobus: 116
anima motrix: 411, 442
animismo platónico: 64
Anselmo, san: 157-159, 165, 473, 474
Anson, George: 521
Antiguo Testamento: 141, 170, 230
antropocentrismo: 108, 126, 127
anunciación, La: 299, 301, 319
apatheia: 98
ápeiron: 42, 43, 44
Apolonio de Perga: 106, 110, 399
árbol del conocimiento: 470, 478
Arcadio: 142
Aristarco de Samos: 106-108, 181, 402
Aristóteles: 29, 41, 44, 75-94, 143, 155, 161, 165, 168, 175-183, 206, 399, 422, 476, 506
arkhé: 37, 41
armonía: 38, 39, 43, 48, 52, 294, 495-496
armonía del mundo, La: 413
Arquímedes de Siracusa: 100, 102-105, 422
arte: 218, 289, 290, 294, 555
Arte de navegar: 248
artes liberales: 161, 296
artesanal: 202, 555
artesano: 289, 290, 293
Asclepius: 222, 225
astrolabio: 202-204, 249, 250, 262
astrología: 61, 114
astronomía: 35, 52, 59, 66, 191, 197, 198-202, 360, 457
astronomía antigua: 66, 109
astronomía árabe: 191
Astronomia nova: 407, 411, 427
astrónomo, El: 369, 370, 371
ataraxia: 97
Atenas: 95-99, 499, 556

Atlántico: 242
Atlas géographique et physique du Nouveau Continent: 548
Atlas maior: 264
atomismo: 46, 97, 476
átomo: 46, 97, 502
auctoritas: 164
Aurillac, Gerbert de: 155
autopsia: 392
Avempace: 200
Averroes: 166, 173, 178, 200
Avicena: 155, 204, 207
azufre: 231

bachelor: 161, 162, 486
Bacon, Francis: 137, 162, 174, 213, 214, 221, 228, 235, 280, 282, 283, 286, 287, 324, 325, 361, 372, 441, 443-451, 511
Bacon, Roger: 165, 172, 303
Bagdad: 194, 196, 198, 556
Baja, Ibn: 200
ballestilla: 204, 249, 250, 363
Banks, Joseph: 521, 524
Barbari, Jacopo de: 340, 341, 342
Barbaro, Daniele: 360
Barleus, Gaspar: 357
basílica de San Pedro: 310, 311
basilisco: 130
Bayle, Pierre: 510
Belarmino: 437, 438
belleza: 148, 289, 296
Benedetti, Giambattista: 360
Benito, san: 154
Bernardin de Saint Pierre, Jacques-Henri: 543, 545
Bernini, Lorenzo: 311, 413
bestiario: 129-131
Biblia: 150, 154, 182, 268, 375, 380, 400, 435, 438, 500, 501, 515
véase también Sagradas Escrituras
Biblioteca de Alejandría: 29, 100, 105, 556
Bingen, Hildegarda de: 156, 163
Bizancio: 142, 143, 556
Blaeu, Janszoon: 264, 369
Blaeu, Joan: 264, 265, 357
Blumenbach, Johann Friedrich: 514
Boccaccio, Giovanni: 211
Boecio: 155
Botticelli, Sandro: 293, 311
Bougainville, Louis Antoine de: 519, 521
Boyle, Robert: 453, 458-465, 477, 493
Bradwardine, Thomas: 184
Brahe, Tycho: 114, 198, 405, 406, 407
Brueghel el Viejo, Jan: 343, 345, 346
brújula: 442
Brunelleschi, Filippo: 290, 298, 302-305, 312
Brunfels, Otto: 348
Bruno, Giordano: 221, 437, 438
Bruselas, Gerardo de: 184
Buenaventura, san: 164
Buffon, conde de: 513, 514, 524, 540, 541, 544
burguesía: 218
Buridán, Juan: 180, 181, 182, 402
Byron, John: 519

cábala: 230
Cairo, El: 196, 205, 206
Calcar, Jan van: 387, 389
cálculo infinitesimal: 491
calendario juliano: 360, 404
cámara oscura: 325, 360, 361, 365, 414
cambio: 80, 81
campana de vacío: 461, 464
Campanella, Tommaso: 221, 229, 282, 284, 285, 438
caos: 40
carabela: 239, 256
Cardano, Gerolamo: 221
Caribe: 243, 255, 277
Carlomagno: 139, 160
Carlos III: 521
carta de marear: 249
cartografía: 115, 118, 239, 249, 253, 281, 356
cartografía portulana: 256, 261
Casa de Contratación: 244, 246, 252, 253, 556
Casa de la Sabiduría: 29, 194, 197
Casa de Salomón: 286, 287, 450
Casiodoro: 154, 156
catedral de San Pablo: 454
causa: 76, 78, 175
causa eficiente: 78
causa final: 78, 80
causa formal: 78
causa material: 78
causa primera: 167, 170, 177
causalidad: 40-44, 174, 176, 177, 511
Cavendish, Margaret: 455
centro de cálculo: 246
Cesariano, Cesare: 290
Champollion, Jean-François: 195
Cicerón, Marco Tulio: 121, 155, 212
cielo: 72-74

ciencia: 27, 118
ciencia imperial: 278-282
ciencia moderna: 27, 35, 53, 211, 213, 214, 215, 231, 239, 240, 252, 253, 295, 353, 378, 399, 417, 556, 557
ciencia newtoniana: 502, 508-509
ciencia secular: 506
Cieza de León, Pedro: 269
cinemática: 184, 190
cinocéfalo: 124
circulación de la sangre: 395, 397
círculo: 67
círculo excéntrico: 110, 399
ciudad de Dios, La: 149
civilización: 507, 535, 537, 543
clasificación: 270
códice: 378
Collaert, Adrian: 352, 355
Colombo, Realdo: 205, 393
Colón, Cristóbal: 237, 242, 243, 537
color: 479, 493
Commandino, Federico: 360
Compañía Holandesa de Indias Occidentales: 264
Compañía Holandesa de Indias Orientales: 264
Comte, Auguste: 138
Concilio de Trento: 436, 437
Condamine, Charles de la: 519, 520, 543
Condillac, Étienne Bonnot de: 512, 530
Condorcet, Nicolás de (marqués): 510, 537
Confesiones: 145, 149
conocimiento nativo: 275
conocimiento objetivo: 38, 514
Constantino: 142, 143
Constantinopla: 143, 143
constelación: 67, 69
control imperial: 244
Cook, James: 519, 520, 521
Copérnico, Nicolás: 201, 202, 294, 399, 400-405, 485
Corán: 193
corazón: 205, 394, 395
Coretto: 340, 341
Corona de los Habsburgo: 246
Corona española: 244
Corpus hermeticum: 220, 222, 224
Corpus hipocrático: 47, 131
Cortés, Martín: 248
Cosimo I: 360
cosmografía: 245, 246, 281
Cosmographiae introductio: 256-259
cosmología: 89
cosmología cartesiana: 478, 479
cosmopolita: 536, 539
cosmos: 48, 89-90, 95
costumbre: 512
Creador: 139, 148, 151, 171, 192
véase también Dios
creencia: 25, 138, 536
Cremona, Gerardo de: 155, 247
cristianismo: 25, 137, 138, 139-144, 192, 555, 558
Cristo: 147, 500, 501
Crítica botánica: 529
cronista: 271
cuadrivium: 161, 296
cualidad manifiesta: 497
cualidad oculta: 227, 497, 498
cuantificación: 183-188
cuatro elementos: 46, 61, 80, 81, 98, 231
cuerpo: 476
cultura moderna: 214
Curie, Marie: 455
curricula: 75, 161, 175
Cuvier, Georges: 522, 524

D'Alambert, Jean-Baptiste le Rond: 331, 508, 510, 532
Damasco: 201, 205
Dampier, William: 521
Dantí, Egnatio: 360, 362
Darwin, Charles: 537
Davis, John: 248
De Anglería, Pedro Mártir: 269, 543
De architectura: 290, 291
De divina propotione: 315, 316
De humani corporis fabrica: 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391
De la Cosa, Juan: 242, 254, 255-256, 261
De las Casas, Bartolomé: 118, 536
De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure: 443
De materi medica: 129
De occulta philosophia: 226
De Pauw, Cornelius: 543, 544
De revolutionibus orbium coelestium: 403
De sensu: 303
Dee, John: 221
Defoe, Daniel: 543
Delft: 364, 368, 370
Della Francesca, Piero: 298, 301, 309, 310
Della pittura: 305, 306, 308

Della Porta, Giambattista: 206, 221, 438, 498
demiurgo: 56, 59, 60, 61, 133, 383
democracia: 36, 93
Demócrito: 45
demostración de la existencia de Dios: 158, 159, 473
Descartes, René: 146, 358, 396, 481, 467, 485, 488, 492, 513
desequilibrio: 47
Dialéctica de la Ilustración: 551
diálogo galileano: 428-429
Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo: 419, 420, 422, 428, 435, 436
Diderot, Denis: 510, 516, 530, 537
dinámica: 184
Dios: 126, 141, 147, 159, 167, 168, 472, 500-502 *véase también* Creador
Dioscórides: 129, 204, 348
Discurso del método: 396, 467, 469
Discurso sobre el espíritu positivo: 550
Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias: 422, 423
disección: 384
disputatio: 161
dogma cristiano: 114, 510
Dombey, Joseph: 521
Donatello: 298, 302
dos culturas, Las: 559
doxa: 37, 55, 65
Drake, Francis: 442
Draper, John: 138
Durero, Alberto: 296, 325, 333-340, 346, 352, 362, 388
Durkheim, Émile: 553

ecúmene: 118
edad de la razón: 505-507
Edad Media: 128, 137-139, 381
electricidad: 497, 510
Elementos de geometría: 101, 102, 161
Eliano, Claudio: 129, 130
emeth: 552
Empédocles de Agrigento: 46, 80, 90
empirismo: 295, 326, 441-465
empirismo baconiano: 448, 508
empirismo inglés: 510-513
enciclopedia: 129-131, 529-533
Encyclopédie: 508, 530, 531, 532
Ensayo sobre el entendimiento humano: 512
Ensayo sobre la geografía de las plantas: 547
epiciclo: 110, 111, 402
Epicteto: 99
epicureísmo: 95
Epicuro de Samos: 46, 96-97, 99, 499
episteme: 27, 55, 65, 290
Eratóstenes: 100, 102, 105-106
error: 25
Errores de los filósofos: 176
escepticismo: 145, 168, 444, 471, 472, 553
esclavitud: 539
escolasticismo: 513
esfera celeste: 67-71
estandarización: 249, 378
estoicismo: 95, 98-99
estrella: 72
éter: 499
ética: 95, 98
Etimologías: 130, 151-153, 377
Euclides: 101-102, 118, 155, 161, 164, 194, 195, 360
Eudoxo de Cnido: 67-71, 399
eurocentrismo: 28, 29, 93, 143, 192, 241, 274, 279, 535-552
Evangelio: 141, 142, 157, 510
Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus: 385, 392, 393, 394
experiencia: 77
experimento: 425, 453, 461, 463, 494
experimento científico: 458-465
experimento de Galileo: 426, 464
Eyck, Jan van: 150, 296, 325, 326-333

Fabrizi, Girolamo: 390, 393
Falloppio, Gabriele: 385, 389, 390
fases de Venus: 431, 440
fe: 137, 142, 145, 169
Fedón: 55, 62
felicidad: 95, 145, 148
femenino: 559
Fernández de Enciso, Martín: 248
Fernández de Oviedo, Gonzalo: 267, 268, 270, 276, 279, 348, 349, 543
Feyerabend, Paul: 26
Ficino, Marsilio: 221, 222, 224, 225, 285
Filarete: 290
Filópono, Juan: 143
filosofía: 27, 208
filosofía experimental: 454, 501
filosofía mecánica: 361, 397, 467-482, 497, 502, 513-515
filosofía presocrática: 40-46, 60
filosofía sofista: 94

física: 80, 89, 99, 178
Física: 161
Fisiólogo: 130, 131, 152
flagelación, La: 310
Flamsted, John: 457
Florencia: 222, 293, 298, 302, 499, 556
Fludd, Robert: 230, 385, 496
Forster, Georg: 521
Fuchs, Leonhart: 349, 350, 351, 353
fuerza oculta: 479, 497-500

gabinete de curiosidades: 271, 272, 347, 556
gabinete de historia natural: 526
Gaia: 40, 45
Galaup, Jean François de *véase* La Pérouse, conde de
Galeno: 131-133, 155, 161, 164, 194, 204, 383
galeón: 243
galera: 243
Galilei, Galileo: 214, 293, 296, 314, 358, 360, 363, 405, 417-440, 455, 468, 485, 488
Galilei, Vincenzo: 420, 496
Galle, Jan: 212, 238, 332, 373
Garma, Vasco de: 242, 273
García Céspedes, Andrés: 280, 281
García de Palacio, Diego: 248
Génesis: 148, 222
geografía: 241, 356
Geografía: 109, 115, 116, 117, 118, 333
geógrafo, El: 369, 370, 371
geometría: 298
Gessner, Conrad: 272, 339, 351, 353
Gheyn II, Jacques de: 352
Ghiberti, Lorenzo: 290, 291, 292, 309
Gijsbrechts, Cornelius Norbertus: 342, 344
Gilbert, William: 295, 411, 441-443, 448
Giorgio, Francesco di: 290, 291
Giotto: 298, 303, 340, 341
globalización: 235
Goa: 242, 249
Godin, Louis: 520
Goethe, Johann Wolfgang von: 509, 514, 546
Golem: 552
Gonzaga, Vincenzo: 296
gravedad: 495, 497
Gregorio IX: 163, 176
Grosseteste, Robert: 165, 206
Gutenberg, Johannes: 375, 377, 378, 380

Hades: 40, 45
Halley, Edmund: 455, 457, 488
Harvey, William: 205, 383, 385, 391-397
hecho: 460, 461, 462, 463
Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: 540, 544
hegemonía global: 30, 31, 505-552, 554
helenismo: 75, 95-119
Helmont, Johannes Baptista van: 221
Heráclito: 45, 82
Herbario: 348
herbolario: 129-131, 152, 225, 346
Hermes Trismegisto: 221, 222, 225, 229, 488, 498
Hernández, Francisco: 128, 276, 278
Herófilo de Calcedonia: 384
Hesíodo: 39, 40, 44, 46
Heyteshury, William: 184
Hipócrates de Cos: 47, 194, 204
hipopede: 69
hipótesis: 498
historia de la ciencia: 27, 28
historia de las ideas: 555
Historia general de las Indias: 279
Historia general y natural de las Indias: 267, 268, 271, 279
historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales, La: 277
historia natural: 90-94, 241, 245, 246, 272, 346-355, 521-523
Historia natural: 122, 123, 127, 513, 541
Historia natural de Nueva España: 276
Hobbes, Thomas: 456
hombre con el turbante rojo, El: 327, 329
Hombre de Vitruvio: 291, 315
Homero: 40, 42, 44, 46
Hondius, Jodocus: 264
Honorio: 142
Hooke, Robert: 366, 367, 452, 453, 455, 463, 488
Horacio: 121, 515
Horkheimer, Max: 551, 552
Hortus cliffortianus: 528
humanismo: 212, 213, 218
Humboldt, Alexander von: 519, 521, 545-549
Hume, David: 174, 510, 511
humores: 47, 231, 277
Huygens, Christiaan: 206, 361, 455
Huygens, Constantijn: 361
hybris: 38

iatroquímica: 232
ídolo: 361, 444
ídolos de la caverna: 445

ídolos de la tribu: 445
ídolos del mercado: 445
ídolos del teatro: 445
Iglesia: 29, 154, 556
Ilíada, La: 40, 46
ilm al-hay'a: 191
ilusionismo: 342
Ilustración: 137, 214, 505, 506, 509, 515, 535, 537, 546, 551
imaginaria ciudad del Sol: Idea de una república filosófica, La: 282, 284
imperio: 241
Imperio bizantino: 142
ímpetu: 423, 427
impetus: 180, 181, 182
imprenta: 262, 326, 353, 369, 372-382, 557
India: 207, 242
inercia: 419, 426-428, 489, 497
ingeniería naval: 243, 253, 292
inmortalidad del alma: 175
Inocencio II: 163
Inquisición: 419, 436, 437, 474
véase también Santo Oficio
Instauratio magna: 235, 236, 448
institución: 556
instrumento: 361, 369, 546
instrumento de medición: 249, 314, 334, 547
instrumento de observación: 202-204, 414, 557
Isaías: 145
Ishaq, Hunayn ibn: 194
Isis: 140
islam: 25, 191-208, 555, 558

Jardín du Roi: 523, 540, 541
Jerónimo, san: 150
Jesús: 141
Journal des Savants: 456
Joyful News Out of the New Found World: 278
Juan XXI: 176
Juan, Jorge: 520
Juan, san: 147
judaísmo: 25
juicio de Galileo: 434-440
Julio César: 404
justicia: 64

Kant, Inmanuel: 509, 515-518, 545
Kepler, Johannes: 205, 214, 294, 317, 358, 360, 405-415, 442, 486, 488, 499
Kessel, Jan van: 358, 359
Kew Gardens: 523
kinesis: 80, 82, 83
Kirch, Gottfried: 216
Kircher, Athanasius: 272
Kuhn, Thomas: 202, 217, 554

La Pérouse, conde de: 519, 520, 521
laboratorio: 461, 462, 547
Laplace, Pierre-Simon: 138, 509, 510, 514
latín: 529
latitud: 247, 249
Lavoisier, Antoine: 509
lección de anatomía del profesor Tulp, La: 391
Lecciones sobre la filosofía de la historia universal: 544
Leclerc, Georges-Louis *véase* Buffon, conde de
lecho: 161
Leeuwenhoek, Anton van: 361, 368-369, 559
Leibniz, Gottfried: 482, 497, 509
León X: 313, 338, 360
Leucipo: 45
ley: 38, 489
ley de gravitación universal: 490, 495
ley de Kepler: 489, 412
ley de la caída libre: 419
ley de Merton: 189-190, 423, 424
ley natural: 513
libertad: 149, 175, 176, 505, 515
libro sobre el movimiento, El: 184
Liceo de Aristóteles: 29, 92, 93, 556
Linneo, Carlos: 270, 273, 524, 525-529, 545
Lippershey, Hans: 429
Lisboa: 242, 556
Lisiansky, Urey: 521
Livingstone, David: 519
Locke, John: 269, 512, 513
lógica: 76
Lógica: 155, 161
logos: 27, 98, 141, 142, 147
Londres: 556
López de Gómora, Francisco: 279, 536
López de Legaspi, Miguel: 242
lotólago: 124
Lucas: 141
Lucrecio: 97
Luis XVI: 520
Luna: 73
lunas de Júpiter: 432, 440
Lutero: 149, 283, 438
luz: 479, 492, 495, 505
Luzzi, Mondino de: 384

macrocosmos: 60, 230, 231, 232, 496
Magallanes, Fernando de: 242
magia: 211-233, 497-500
magia matemática: 226, 228, 498
magia natural: 225, 226, 228, 230, 498
magia religiosa: 226, 498
magister: 162
magnetismo: 228, 479
Magno, Alberto: 164, 165, 167
Mahoma: 193
Malaspina, Alessandro: 519, 521
Malpighi, Marcello: 368, 394
manchas solares: 432, 433
manual de náutica: 248
mapa: 152, 253, 262, 356-358
Maquiavelo, Nicolás: 218
mar: 242-244
Marco Aurelio: 95, 99, 131
Marcos: 141
Markgraf, Georg: 357
masa: 489
Masaccio, Tommaso Cassai: 298, 299-300, 306
masculino: 91, 559
matemáticas: 196-197, 207
matematización: 184
Mateo: 141
materia: 497-500
matrimonio de Arnolfini, El: 327, 328, 329
Meca, La: 193, 197, 198
Medici: 293, 302, 418, 434, 435
Medici, Cosimo de: 221, 222, 293
Medici, Lorenzo di Pierfrancesco de: 293
medicina: 46
medicina hipocrática: 48, 383
Medina, Pedro de: 248, 250, 251
Meditaciones metafísicas: 467, 471
Mediterráneo: 243
Melancolía I: 334
Menón: 58, 59
mensajero sideral, El: 296, 420, 432
mente: 476
Mercator, Gerardus: 264, 356
mercurio: 231
Mersenne, Marin: 468
Merton College: 184, 185, 189, 423
Meteorologia: 155, 161
método baconiano: 446, 447, 448
método científico: 26, 27
método deductivo: 467, 474, 514
método inductivo: 511, 512
microcosmos: 46-49, 60, 229, 230, 231, 232, 383-397, 496
Micrographia: 366, 367, 456, 463
microscopio: 325, 368, 397
Middendorff, Alexander von: 519
Miguel Ángel: 310, 311, 388
Mileto: 36, 41, 45
Misterio del cosmos: 317, 409, 413
Mithra: 140
mito: 35-53
mito de la caverna: 56-57
mitología: 45
modelo geocéntrico: 107
Modernidad: 213, 240, 289
Moisés: 141
momentum: 180, 489
Monardes, Nicolás: 276, 277, 278
monasterio: 151, 153-159
monasterio de Montecassino: 154
monasterio de Vivarium: 154
monoscelo: 124
monoteísmo: 168, 192, 207, 274, 535
Montaigne, Michel de: 543
Montesquieu: 539
Monteverdi, Claudio: 296
Moro, Tomás: 282, 283, 285
motor inmóvil: 80, 88, 170, 180
movimiento: 86, 183, 187, 422
movimiento inercial: 427
movimiento no uniforme: 184, 188
movimiento uniforme: 184, 188
movimiento uniformemente acelerado: 188
mujer: 29, 92, 156, 455, 558
mundo, El: 467, 474
Münster, Sebastian: 339
Museo: 100, 109, 119, 556
música: 156, 162, 296
música de las esferas: 52
Mutis, José Celestino: 521, 546
Mysterium cosmographicum: 407, 408

Nacimiento de Venus: 293
Naturaleza muerta con flores y cortina: 342, 343
naturaleza: 45, 123, 126
naturaleza muerta: 340-345
naturalismo: 352
Naturphilosophie: 515
náutica: 241, 248, 281
navegación: 243, 249
navegación de altura: 244, 249

neoplatonismo: 304, 305
Newton, Isaac: 180, 228, 358, 452, 455, 456, 483-502, 514, 560
Nouvelles de la République de Lettres: 457
Nova reperta: 211, 237, 331, 332, 372
Novum organum: 137, 162, 214, 228, 235, 446
Nueva astronomía: 214
Nueva Atlántida, La: 214, 228, 282, 285, 286, 324, 450
Nuevo Mundo: 235, 244, 245, 246, 256, 258, 259, 262, 267, 540
Nuevos experimentos físico-mecánicos: 459, 460, 464
numen: 501
numeración decimal: 196, 198
números: 50
Núñez Cabeza de Vaca, Álvar: 269
Núñez de Balboa, Vasco: 242

objetividad: 289, 366, 475
objeto: 514
Ockham, Guillermo de: 165, 173-174, 326
Odisea, La: 40, 46
Ojeda, Alonso de: 242, 255
omnipotencia de Dios: 170, 177
ontología: 148, 157
óptica: 118, 206, 358-364, 414, 492-495
Óptica: 487, 508
Orbis terrarum: 153, 262
órbita: 112
órbita excéntrica: 402, 411, 436
orden: 60, 65
Orden de Frailes Menores (franciscanos): 164
Orden de Predicadores (dominicos): 164
orden religiosa: 164
Oresme, Nicolás: 181, 182, 185, 186, 187, 402, 423
Orfeo: 296, 488, 498
Organum: 76, 446
Orión: 70
Ortelius, Abraham: 263, 264, 369
Osa Mayor: 70
oscurantismo: 138, 192, 505
Osiander, Andreas: 401

Pablo, san: 99, 139, 454
Pacioli, Luca: 315, 316
Padrón Real: 245, 253, 261
Padua: 385, 393
paisaje: 357
palabra de Dios: 142
palanca: 104, 118, 397
panteísmo: 175
Paracelso: 221, 231-233, 383, 385
paralaje estelar: 107, 108
París: 160, 556
Parménides: 43, 82, 98
Pascal, Blaise: 464, 465, 468
Pavón, José: 521
pecía: 376
Périer, Florin: 465
periódico: 380, 457
perspectiva: 115, 293, 294, 298, 303, 308, 314, 356
Petrarca: 211
philosophe: 137, 517
Philosophiae naturalis principia mathematica: 487, 488, 501, 509
Philosophical Transactions: 456
physikoi: 60
Physiologus: 130
physis: 40, 45, 80, 98, 123, 178
Pico della Mirandola, Giovanni: 221, 224, 225
piedra filosofal: 229
Pigafetta: 269
Pimander: 222
Pitágoras: 49-53, 488
planeta: 63, 65, 72, 74
Platón: 55-74, 77, 144, 146, 180, 194, 205, 208, 418, 506
platonismo: 23
plaza de San Pedro: 413
Plinio el Viejo: 268
Plinio Segundo, Cayo: 122-128, 240, 338, 340, 348
Plotino: 149, 221
pneuma: 98, 132
polis: 37, 40, 65
Pomponazzi, Pietro: 221, 438
Popper, Karl: 512
Portugal: 242
Portugal, Manuel de: 259
Poseidón: 40, 42, 45
positivismo: 138, 216, 549-552
post-truth: 553
potencia: 83
precisión: 202-204
Priestley, Joseph: 509
Príncipe, El: 218
principio activo: 91, 98, 499
principio de Arquímedes: 103
Principios de la filosofía: 467, 469, 473, 485

progreso: 550
prohibiciones de 1277: 173, 176, 177, 196, 439
proyección cónica: 116
Przhevalsky, Nikolai: 519
psyche: 98
Ptolomeo, Claudio: 100, 108-119, 155, 161, 164, 181, 194, 195, 199, 200, 202, 240, 247, 253, 333, 336, 399, 404, 422
publicación seriada: 379
Pucci, Francesco: 438
pulga: 367, 368

química moderna: 509, 529
Qurra, Tabit Ibn: 198

racionalismo: 219, 295, 467-482
racionalismo cartesino: 508, 514
Rafael: 319, 325, 388
Ray, John: 272, 258
razón: 35-53, 65, 77, 137, 142, 145, 169, 173, 505-507, 512, 515, 552
Real Jardín Botánico: 523
Real Observatorio de Greenwich: 451, 457
Real Sociedad de Londres: 366, 379, 443, 451, 454, 483, 492, 493, 541
realismo: 298, 322, 324-340, 342, 351, 352, 365, 463
rectitud: 157
Regimento do astrolabio y do quadrante: 248
Regimiento de navegación: 250, 251, 280, 281
relativismo: 26
religión: 208, 217, 295, 555
reloj: 502
reloj de arena: 249
Rembrandt: 296, 325, 331, 391
Renacimiento: 213, 217, 218, 220, 241, 280, 282, 283, 289, 292, 294, 296, 297, 328, 356, 374
República, La: 39, 56, 60, 64
res cogitans: 472, 475, 514
res extensa: 472, 475, 514
resistencia interna: 178, 179, 180, 423
Reuchlin, Johan: 221
revelación: 511
revolución científica: 156, 202, 211-219, 240, 241, 275, 507, 508, 514, 554
revolución copernicana: 112, 202, 216, 217, 296, 414, 569, 517, 554
Revolución de los orbes celestes: 201
Rheticus, Georg Joachim: 201
Ribero, Diego: 255, 260, 261-262, 351
Rinoceronte: 335, 339, 352
Robinson Crusoe: 543
Roma: 121-133, 142, 556
Román, Giles de: 176
Rousseau, Jean-Jacques: 530, 543, 549
Ruiz, Hipólito: 521
Rushd, Ibn: 178, 200

Sacrobosco, Juan: 162, 247, 360
Saenredam, Jan: 345
Sagrada Trinidad con la Virgen, san Juan y donantes: 299, 300
Sagradas Escrituras: 137, 146, 165, 436, 510
vease también Biblia
Sagredo, Giovanni Francesco: 418, 428, 429
Suhagún, Bernardino de: 276
Saint Pierre, Bernardin de: 543, 545
Sajonia, Alberto de: 180
sal: 231
salvajismo: 274
Salviati, Francesco: 429
San Jerónimo en su estudio: 331, 335, 337
Sangallo, Antonio de: 204
Santo Oficio: 436, 437
vease también Inquisición
Sceptical Chymist, The (*El químico escéptico*): 459
Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph: 515
scientia: 27, 326
Scoto, John Duns: 165
scriptoria: 154, 376
Séneca: 99, 122
Serpetro, Niccolò: 272
Servetus, Michael: 205, 385
Sevilla: 242, 244-247, 277, 556
Sevilla, Isidoro de: 130, 151, 152, 253
Sforza, Ludovico: 313, 315, 323
Sibylla Merian, Maria: 352, 353, 354
Siglo de las Luces: 505, 515, 539
Silvestre II: 155
Simplicio: 143
Sina, Ibn: 204, 207
sistema geocéntrico: 399
sistema heliocéntrico: 403
sistema pitagórico: 51
sistema sexual: 528
Sloan, Hans: 272, 273
Smith, John: 248
Snow, Charles: 559
Sobre arquitectura: 102
Sobre el cielo: 75, 155, 161, 430

Sobre el equilibrio de los planos: 104, 105
Sobre la verdad: 157
Sobre las revoluciones de los orbes celestes: 400, 403
Sobre los cuerpos flotantes: 103
sociedad científica: 379, 452, 457, 556, 557
Sócrates: 55, 64, 94
Sol: 73
Sol Invictus: 140
Solander, Daniel: 521
sólidos regulares: 61, 62
Solón: 38, 39
sophia: 147
sophrosyne: 38, 39
Spelt, Adrian van der: 342, 343
Sprat, Thomas: 452, 554
Stradanus, Johannes: 237, 238
Straet, Jan van der: 211, 372
sujeto: 514
Suma de teología: 166, 168
Swineshead, Richard: 184
Systema naturae: 526, 527

Tales de Mileto: 41, 42, 43
taxonomía: 273, 545
techne: 27, 290, 361
técnica: 289
tecnología: 118
teleología: 79, 170
telescopio: 325, 360, 361, 429
telescopio de reflexión: 484, 486, 493
Telesio, Bernardino: 285, 437
telos: 79
Temistio: 143
Tempier, Étienne: 173, 176
Teodosio: 142
Teofrasto: 92, 125, 348
Teogonía: 39, 40, 46
teología: 27, 144, 159, 169, 175, 177, 206, 295, 438, 439, 473, 485, 499, 506, 511, 533
Teología: 167
teorema de la velocidad media: 189-190, 424
teorema de Pitágoras: 52
teoría: 27
teoría de las formas: 56, 65
teoría de las ideas: 55
teoría de los humores: 231
teoría heliocéntrica: 394
Terella: 442
terra incognita: 246, 258, 259
testigo: 461
Tetrabiblos: 112, 114
Theatrum orbis terrarum: 263
Theologica platonica: 221
Thiry, Paul-Henri (barón de Holbach): 510
Tierra inmóvil: 181-183
Timeo: 39, 60, 61, 64, 113, 121, 146, 180, 194, 205, 317, 383, 413
Toledo: 196
Tomás de Aquino, santo: 88, 164, 165-173, 512
toponimia: 528
Torre de Babel, La: 343
Torriceli, Evangelista: 465
Tournefort, Joseph Pitton de: 528
tradición hermética: 219, 220, 230, 295, 498
traducción: 155, 194, 195, 207, 274, 278
transustanciación: 176
Tratado de la esfera: 162
Tratado de la naturaleza humana: 511, 512
Tratado de las sensaciones: 512
Tratado de pintura: 312, 317
trivium: 161, 162
trompe l'oeil: 340, 342
Tufayl, Ibn: 200

Ulloa, Antonio de: 520, 543
última cena, La: 313, 317, 318
universidad: 29, 154, 158-164, 556
Universidad de Bolonia: 160
Universidad de Oxford: 184, 417
Universidad de París: 184, 185, 417, 423
universitas: 160
Urbano VIII: 435, 437
Urdaneta, Andrés: 242, 269
utopía: 282-288
Utopía: 282, 284

vacío: 87, 175, 178
Vargas Machuca, Bernardo de: 279
Varro, Marcus Terentios: 122
Vasari, Giorgio: 331
velocidad: 87, 184
velocidad uniforme: 187
Venecia, Jacobo de: 155
Verbo: 141, 147
verdad: 25
veritas: 25
Vermeer, Johannes: 296, 325, 356, 364-372
Vesalio, Andreas: 383, 385-391, 393
Vespucio, Américo: 237, 239, 242, 255, 293
viaje de exploración: 235, 353, 519, 537
vía: 168

Viejo Mundo: 536
Vinci, Leonardo da: 312-324, 417
Virgen de las Rocas, La: 320, 323
Vitelio: 414
Vitruvio, Marco: 102, 213, 290, 291, 294, 307, 309
Voltaire: 508, 510
Vulgata, La: 150, 438

Waghenaer, Lucas Janszoon: 248
Waldseemüller, Martin: 256-259
Weber, Max: 517, 553
White, Andrew: 138
Winkelman, María: 216
Worm, Olaus: 349
Wren, Christopher: 366, 454, 455, 488
Wright, Edward: 248

Zacuto, Abraham: 247, 248
Zenón de Citio: 43, 82, 98
Zeus: 40, 45
Zeuxis: 340
Zoroastro: 498